M.B.L. LIBRARY - WOODS HOLE, MASS.

ACTA

SOCIETATIS SCIENTIARUM

FENNICÆ.

TOMUS XXVIII.

HELSINGFORSIÆ.
Ex officina typographica Societatis litterariæ fennicæ.
MCMII.

TABLE DE MATIÈRE.

Ueber die Elektricitätsbewegung in verzweigten Stromkreisen mit Induktion und Capacität von Hj. Tallqvist.

45690

ACTA SOCIETATIS SCIENTIARUM FENNICÆ.
TOM. XXVIII. № 1.

UEBER

DIE

ELEKTRICITÄTSBEWEGUNG

IN

VERZWEIGTEN STROMKREISEN

MIT

INDUKTION UND CAPACITÄT

VON

HJ. TALLQVIST.

Einleitung.

1. Wenn die beiden Belegungen eines geladenen Condensators von der Capacität C durch eine Strombahn mit dem Widerstande W und dem Selbstinduktionscoefficienten L mit einander verbunden werden, so entladet sich der Condensator, und zwar aperiodisch, wenn W grösser als $2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ist, dagegen unter Oscillationen, wenn W kleiner als $2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ist. Diese Vorgänge, insbesondere die periodische Entladung, sind mehrfach theoretisch und experimentell untersucht worden. [1])

Werden die Belegungen eines ungeladenen Condensators durch eine Strombahn geschlossen, welche eine constante elektromotorische Kraft enthält (z. B ein galvanisches Element, einen Accumulator oder eine Batterie von Elementen oder Accumulatoren), so kommt eine aperiodische oder periodische Ladung des Condensators zu Stande, je nachdem der Gesammtwiderstand W der Strombahn grösser oder kleiner als $2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ist. Auch dem Ladungsvorgange, besonders der periodischen Ladung, ist in neuerer Zeit bedeutende Aufmerksamkeit gewidmet worden. [2])

Die jetzt hervorgehobene Anordnung von Capacität, Selbstinduktion und Widerstand in einem Stromkreise mit oder ohne einer constanten elektromotorischen Kraft ist die einfachste, die sich denken lässt. Complicirtere Combinationen können auf sehr viele verschiedene Weisen erzeugt werden, indem Verzweigungen der Strombahn angeordnet werden.

Schon bei der experimentellen Verfolgung der Entladungs- und Ladungsvorgänge in dem oben beschriebenen einfachen Stromkreise erwies es sich als nothwendig Nebenschlüsse zu verschiedenen Theilen des Stromkreises in Betracht zu ziehen,

[1]) Siehe hierüber die geschichtliche Darstellung und die Literaturangaben in meiner Arbeit: Untersuchungen über elektrische Schwingungen. I. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIII, Helsingfors 1897.

[2]) Siehe: Elektrische Schwingungen I und III, Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXVI, ferner U. Seiler: Ueber Oscillationen bei der Ladung von Condensatoren u. s. w., Wied. Ann. 1897; N:o 5.

und zwar zu der den Selbstinduktionscoefficienten L erzeugenden Spule sowie zu dem Condensator C.[1] [2] Von diesen Nebenschlüssen entsteht der erstere durch die nie völlig zu beseitigende Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule, der letztere durch das Leitungsvermögen des Dielektricums des Condensators, welches natürlich je nach der Beschaffenheit des Condensators sehr verschieden ist. Beide können als grosse induktionsfreie [3] Widerstände behandelt werden und geben zu gewissen Correctionen der sonst folgenden Resultate Veranlassung.

Bei einer nahe liegenden Erweiterung erwachsen hieraus die Fragen der Einwirkung eines beliebigen, induktionsfreien Nebenschlusses zu L oder zu C auf die Ladung und Entladung des Condensators. Die Anordnung mit einem Nebenschluss zu L wird unten im Abschn. II behandelt. Die im Art. 1, II enthaltene Figur veranschaulicht den betreffenden Stromkreis. Die theoretische Untersuchung der Vorgänge in einem Stromkreise mit einem Nebenschluss zu C wird im Abschn. III ausgeführt. Die Anordung des Stromkreises ist aus der im Art. 1, III enthaltenen Figur ersichtlich. Die beiden Anordungen, mit Nebenschluss zu L und mit Nebenschluss zu C, sind eigentlich nur durch die Lage der constanten elektromotorischen Kraft E von einander verschieden. Nimmt man E weg, so erhält man nämlich in beiden Fällen genau denselben Entladungsstromkreis. Ein grosser Theil der Untersuchungen im Abschn. II gehört deshalb direct auch zu dem Abschn. III.

Eine dritte Anordnung, welche von den Anordnungen mit Nebenschluss zu L und Nebenschluss zu C nur unwesentlich verschieden ist, entsteht, wenn die Stromquelle E in den induktionsfreien Nebenschluss verlegt wird. Diese Anordnung, welche im Abschn. IV behandelt wird, ist in der im Art. 1, IV enthaltenen Figur veranschaulicht. Man kann sie auch „Anordnung mit parallel geschalteter Capacität und Selbstinduktion" nennen. Wird die Stromquelle E fortgenommen, so entsteht derselbe Entladungsstromkreis wie in den beiden früheren Fällen.

Einen verzweigten Stromkreis von einfacherem Typus als die oben aufgezählten erhält man, indem man einen unverzweigten Stromkreis mit C, L und E nimmt, und an E einen induktionsfreien Nebenschluss legt. Diese Anordnung, welche im Abschn. V betrachtet wird, lässt sich einfach auf einen unverzweigten Stromkreis zurückführen.

[1] Der Kürze wegen mögen die Bezeichnungen „Nebenschluss zu L" und „Nebenschluss zu C" gebraucht werden.

[2] Siehe N. SCHILLER: Einige experimentelle Untersuchungen über elektrische Schwingungen; Pogg. Ann. 152. 1874. und HJ. TALLQVIST: Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, p. 31.

[3] Mit „induktionsfrei" ist hierbei verstanden, dass die Selbstinduktion in dem betreffenden Theile des Stromkreises so klein ist, dass sie sich im Verhältniss zu übrigen Selbstinduktionen nicht bemerkbar macht.

Sämmtliche bis jetzt genannten Stromkreise können als einmal verzweigt bezeichnet werden. Sie enthalten überall drei Widerstände. Zweifach verzweigte Stromkreise ergeben sich, indem man gleichzeitig induktionsfreie Nebenschlüsse zu L und zu E (Abschn. VI), oder zu C und zu E (Abschn. VII) oder zu L und zu C (Abschn. VIII) legt. Es kommen jetzt überall fünf Widerstände vor. Die beiden ersten Fälle sind auf die in den Abschn. II und III betrachteten Fälle zurückführbar, nur der dritte Fall erfordert eine besondere Behandlung. Endlich wird im Abschn. IX ein dreifach verzweigter Stromkreis, mit induktionsfreien Nebenschlüssen zu L, zu C und zu E, in Betracht gezogen. Dieser Fall, mit sieben Widerständen, ist auf den im Abschn. VIII behandelten Fall zurückführbar. Schaltet man in einem einfachen Stromkreise mit Selbstinduktion, Widerstand und eventuell einer constanten elektromotorischen Kraft zwei Condensatoren mit den Capacitäten C_1 und C_2 nach einander, so ergiebt sich die im Art. 1, Abschn. X veranschaulichte Anordnung. Die beiden Capacitäten wirken zusammen wie eine einzige Capacität von der Grösse $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$. Kleine Veränderungen in dieser Anordnung entstehen, wenn ein erheblicher Theil des Widerstandes der Strombahn, mit oder ohne Selbstinduktion, in die Leitung zwischen den beiden Condensatoren verlegt wird. (Art. 3, Abschn. X). Der Stromkreis ist unverzweigt.

In allen den oben aufgezählten Fällen führt die Behandlung des Ladungs- bezw. Entladungsvorganges zu einer linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung für das Potential des Condensators. Wenn der Ladungs- oder Entladungsvorgang aperiodisch ist, so werden das Condensatorpotential und die Stromstärken als Functionen der Zeit durch Curven dargestellt, welche die Summe von zwei Exponentialcurven sind. Ist der Vorgang periodisch, so führen Potential und Stromstärken s. g. regelmässig gedämpfte Schwingungen aus. Diese werden graphisch durch Curven dargestellt, welche das Product aus einer Sinuscurve und einer Exponentialcurve sind.

In den Fällen, in welchen experimentelle Untersuchungen mit verzweigten Stromkreisen von der oben charakterisirten Zusammensetzung ausgeführt worden sind, meistens für irgend einen speciellen Zweck, hat man fast ohne Ausnahme die Aufgabe vom Anfang an, auch bei der Entwickelung der Theorie, durch irgend welche specielle Annahmen gebunden, welche die Grösse der Widerstände, des Selbstinduktionscoefficienten oder der Capacität betreffen, um in dieser Weise zu einfacheren Formeln zu gelangen. Im Gegensatz hierzu werden die Aufgaben in den aufgezählten Abschnitten II···X allgemein gefasst; eine unbeschränkte Variabilität der charakteristischen Grössen des Stromkreises wird beibehalten und nur die Anfangsbedingungen werden in specieller, den experimentellen Anordnungen entsprechender Weise beschränkt. Es werden durchgehend zwei Arten von Anfangs-

bedingungen, wie bei der Untersuchung selbst näher erklärt werden soll, ins Auge gefasst, weil nämlich beide einander vervollständigen und beleuchten. Es zeigt sich, dass die allgemeine theoretische Behandlung der Aufgaben, welche natürlich auf dem Ohm'schen Gesetz und den Gesetzen der Induktion basirt, zu nennenswerthen mathematischen Schwierigheiten nicht Anlass giebt. Die Discussionen lassen sich so durchführen, dass die ursprünglichen Constanten des Stromkreises, d. h. L, C und die Widerstände, in den Endresultaten explicite erscheinen.

Für die specielleren Anwendungen und für die Vergleichung der Theorie mit den Experimenten, welche in dem zweiten Theile dieser Arbeit vorgenommen wird, ist es jedenfalls vom Nutzen, Lösungen der Aufgaben der Elektricitätsbewegung in verzweigten Leitungen auch in der Form zu besitzen, welche für gewisse specielle Annahmen über die Grösse von L, C und der Widerstände herauskommt. Solche Fälle sind deshalb in den Zusatzabschnitten II a ··· II g, III a und IV a behandelt worden. Es wäre zu früh hier auf die Natur der jedesmaligen Vereinfachung näher einzugehen.

Wir kommen jetzt zu denjenigen Anordnungen von verzweigten Stromkreisen, welche zu einer linearen Differentialgleichung dritter Ordnung führen. Die erste derselben ist die im Abschn. XI untersuchte Anordnung, wobei die beiden Zweige eine merkbare Selbstinduktion besitzen, während der Condensator C und die Stromquelle E sich in dem unverzweigten Theile des Stromkreises befinden. Man unterscheidet auch hier zwischen aperiodischer und periodischer Ladung (bezw. Entladung), je nachdem die Discriminante D einer gewissen cubischen Gleichung positiv oder negativ ist. Die Discriminante wird mittels der Constanten des Stromkreises ausgedrückt, und die Bedingungen für die eine oder andere Ladungsart werden aufgestellt. Bei der Discussion des Ladungspotentiales und der Stromstärken in den Zweigen und in dem unverzweigten Bahnstücke treten die Constanten des Stromkreises theils explicite, theils implicite auf, indem die eingehenden Wurzeln der genannten cubischen Gleichung Functionen dieser Constanten sind. Bei aperiodischer Ladung werden das Ladungspotential und die Stromstärken durch Curven dargestellt, welche geometrische Summen von drei Exponentialcurven sind. Bei periodischer Ladung erhält man Curven, welche Summen einer regelmässig gedämpften Sinuslinie und einer Exponentialcurve sind. Man möge Schwingungen dieser Art gedämpfte Sinusschwingungen um eine Exponentialcurve als Achse (Exponentialachse) nennen.

Die Stromkreisanordnung ist principiell nur unwesentlich hiervon verschieden, wenn die Stromquelle E sich in dem einen Zweige befindet (Abschn. XII). Die Veränderung kommt nur in dem rechten Gliede der Differentialgl. dritter Ordnung vor, und beide Stromkreise geben bei Fortnahme von E denselben Entladungsstromkreis.

Eine andere Anordnung mit zwei Selbstinduktionen und einer Capacität wird im Abschn. XIII behandelt. Es befindet sich Selbstinduktion in dem einen Zweige und in dem Hauptbahnstück, welches auch den Condensator C und die Stromquelle E enthält. Betreffend den allgemeinen Charakter des Vorganges gilt dasselbe wie bei der im Abschn. XI behandelten Anordnung. Verwandte Anordnungen erhält man, wenn mann die Stromquelle E in den induktionsfreien Bahnzweig oder in den inducirenden Bahnzweig versetzt (Abschn. XIV).

Sämmtliche jetzt aufgezählte Fälle, bei denen die Diff.-Gl. des Condensatorpotentiales von der dritten Ordnung ist, weisen ein Mal verzweigte Stromkreise auf. An zwei Stellen verzweigte Stromkreise, welche durch zwei Selbstinduktionscoefficienten, eine Capacität und fünf Widerstände bestimmt sind, werden in den Abschn. XV, XVI, XVII und XVIII behandelt.

Die Ordnung der Differentialgleichung für das Ladungs- bezw. Entladungspotential wächst nicht, wenn man zwischen zwei Theilen des verzweigten Stromkreises, welche selbstinducirend wirken, noch eine gegenseitige Induktion herbeiführt, z. B. so dass die beiden Bahnstücke durch Windungsgruppen derselben Induktionsspule gebildet werden. Zwei Fälle dieser Art sind in den Abschn. XIX und XX behandelt, und zwar diejenigen Fälle, welche aus den in den Abschn. XI und XIII betrachteten Fällen durch Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion zwischen den beiden mit merkbarer Selbstinduktion versehenen Bahnstücken entstehen.

In einigen Zusatzabschn. XI a ··· XI c, XIII a und b, sind gewisse specielle Annahmen über die Constanten des Stromkreises getroffen worden.

In dem Abschn. XXI (Siehe die Fig. im Art. 1, XXI) hat man eine Anordnung mit einem ein Mal verzweigten Stromkreise, wobei das unverzweigte Bahnstück die Selbstinduktion hervorbringt, die beiden Zweige induktionsfrei sind, aber jeder eine Capacität enhält. Die Differentialgl. der beiden Ladungspotentiale ist dieselbe, und immer noch von der dritten Ordnung. Wie in den früheren Fällen wird die Discriminante D berechnet, deren Zeichen über den Charakter der Ladung entscheidet, und der Vorgang im übrigen eingehend discutirt.

Ein letzter zu einer Diff.-Gl. dritter Ordnung führender Fall wird im Abschn. XXII behandelt. Hierbei hat man einen einfachen, unverzweigten Stromkreis mit Capacität, Induktion, Widerstand und Stromquelle, sowie einen geschlossenen, isolirten Nebenstromkreis mit Induktion und Widerstand, auf den der Hauptkreis inducirend einwirkt. Verlegt man einen Condensator auch in den Nebenstromkreis (Abschn. XXIII), so bekommt man eine Differentialgl. von der vierten Ordnung. Alsdann hat man zwischen drei verschiedenen Beschaffenheiten des Vorganges zu unterscheiden, je nach der Art der Wurzeln der zu der Diff.-Gl. gehörenden biquadratischen Gleichung. Die Potentiale und die Stromstärken werden entweder durch

Curven dargestellt, welche Summen von vier Exponentialcurven sind, oder durch Curven gegeben, welche Summen von zwei Exponentialcurven und einer gedämpften Sinuslinie sind, oder endlich mittels Curven veranschaulicht, welche Summen von zwei gedämpften Sinuslinien sind.

Ein zweiter Fall mit Differentialgleichung vierter Ordnung kommt im Abschn. XXIV vor, welcher einem verzweigten Stromkreise mit Selbstinduktion und Capacität in beiden Zweigen und einem induktionsfreien Hauptbahnstück gewidmet ist. Fügt man hier noch eine zwischen beiden Zweigen wirkende gegenseitige Induktion hinzu, wodurch die Ordnung der Diff.-Gl. nicht gesteigert wird, so hat man die letzte, im Abschn. XXV theoretisch behandelte Anordnung.

In sämmtlichen Fällen kommt die Capacität als in einem oder ein Paar Punkten des Stromkreises concentrirt vor, indem sie eingefügten Condensatoren angehört. Fälle, bei denen die Capacität auf die Leitung vertheilt wäre, werden nicht in Betracht gezogen. Sie erfordern schon eine wesentlich complicirtere mathematische Behandlung. Ferner wird bei der theoretischen Untersuchung vorausgesetzt, dass die Capacitäten während des Ladungs- oder Entladungsvorganges constant bleiben. In dem experimentellen Theile der Untersuchung soll dann auch in Betracht gezogen werden, welche Rolle eine kleine Veränderlichkeit der Capacität eventuell spielt.[1]) Wenn es sich um Schwingungen handelt, nimmt man an, dass sie nicht so schnell sind, dass die elektromagnetische Ausstrahlung von Belang wäre.

Mit dem oben Ausgeführten ist ein knappes Bild des theoretischen Theiles der vorliegenden Abhandlung entworfen worden. Die bedeutendsten theoretisch untersuchten Fälle sind einem eingehenden experimentellen Studium unterworfen worden, dessen Grundlage die Aufnahme von Ladungs- und Entladungscurven, in später näher zu beschreibender Weise bildet. Genaueres hierüber am Anfang des experimentellen Theiles der Arbeit.

2. Der Bequemlichkeit wegen mögen noch einige Formeln hier zusammengestellt werden, welche für die im Folgenden häufig zu gebrauchenden Hyperbelfunctionen gelten.

$$\sinh\varphi = \frac{e^{\varphi} - e^{-\varphi}}{2}; \qquad \cosh\varphi = \frac{e^{\varphi} + e^{-\varphi}}{2};$$

$$\operatorname{tgh}\varphi = \frac{e^{\varphi} - e^{-\varphi}}{e^{\varphi} + e^{-\varphi}}; \qquad \operatorname{cotgh}\varphi = \frac{e^{\varphi} + e^{-\varphi}}{e^{\varphi} - e^{-\varphi}}.$$

[1]) Vergl. A. F. SUNDELL: Ueber das Decrement elektrischer Schwingungen bei der Ladung von Condensatoren. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIV, N:o 11 und HJ. TALLQVIST: Elektrische Schwingungen, III.

$$\text{Ar sinh } u = \log\left(u + \sqrt{u^2+1}\right);$$

$$\text{Ar cosh } u = \log\left(u + \sqrt{u^2-1}\right);$$

$$\text{Ar tgh } u = \frac{1}{2}\log\frac{1+u}{1-u};$$

$$\text{Ar cotgh } u = \frac{1}{2}\log\frac{u+1}{u-1}.$$

$$\sinh(\varphi+\psi) = \sinh\varphi\cosh\psi + \cosh\varphi\sinh\psi;$$

$$\cosh(\varphi+\psi) = \cosh\varphi\cosh\psi + \sinh\varphi\sinh\psi.$$

$$\text{tgh}(\varphi+\psi) = \frac{\text{tgh}\,\varphi + \text{tgh}\,\psi}{1 + \text{tgh}\,\varphi\cdot\text{tgh}\,\psi}.$$

$$d\sinh\varphi = \cosh\varphi\cdot d\varphi; \quad d\cosh\varphi = \sinh\varphi\cdot d\varphi;$$

$$d\,\text{tgh}\,\varphi = \frac{d\varphi}{\cosh^2\varphi}; \quad d\,\text{cotgh}\,\varphi = -\frac{d\varphi}{\sinh^2\varphi}.$$

Für φ positiv und sehr gross ergeben sich die Grenzwerthe:

$$\sinh\varphi = \cosh\varphi = \frac{1}{2}e^{\varphi};$$

$$\text{tgh}\,\varphi = \text{cotgh}\,\varphi = 1;$$

dagegen für φ negativ und sehr gross die Werthe:

$$\sinh\varphi = -\frac{1}{2}e^{-\varphi}; \quad \cosh\varphi = \frac{1}{2}e^{-\varphi};$$

$$\text{tgh}\,\varphi = \text{cotgh}\,\varphi = -1.$$

Theoretischer Theil.

I. Unverzweigter Stromkreis mit Capacität und Selbstinduktion.

1. Bevor verzweigte Stromkreise in Betracht gezogen werden, mögen die Formeln in dem mehrfach behandelten einfachsten Falle aufgestellt werden, in welchem ein Condensator und eine Induktionsspule in einem unverzweigten Stromkreise nach einander geschaltet sind, und zwar sowohl weil von diesen Formeln im Folgenden öfters Gebrauch gemacht werden soll, als auch weil in dem experimentellen Theile dieser Abhandlung einige Ergänzungen zu früheren Untersuchungen des Verfassers [1]) über dieses Thema gebracht werden.

Es wird vorausgesetzt, dass das Anfangspotential des Condensators und der Anfangsstrom im Stromkreise beliebige Werthe haben können; und ist es nützlich gleich zu zeigen, mittels welcher experimenteller Anordnung solche Anfangswerthe innerhalb gewisser Grenzen zu erreichen sind. Ausser dem an den Condensatorbelegungen endenden (Fig. 1), den Contact B des für die Zeitmessung verwendeten Pendelunterbrechers enthaltenden Hauptstromkreise mit dem Selbstinduktionscoefficienten L, der constanten elektromotorischen Kraft E und dem Widerstande W, liegt zwischen den genannten Belegungen noch ein zweiter Stromkreis, mit dem Widerstande w, in welchem der zweite Pendelcontact A sich befindet. Es wird zuerst A heruntergeschlagen, der Condensator fängt an sich zu laden, alsdann wird B heruntergeschlagen und die Ladung wird abgebrochen. In dem stationären Zustande, welcher diesem Vorgange vorausgeht, hat der Condensator das Ladungspotential

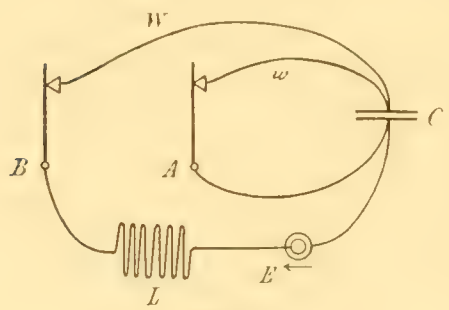


Fig. 1.

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I & III, Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIII & XXVI.

(1) $$\Pi_0 = \frac{w}{W+w} E,$$

und fliesst in beiden Stromkreisen der Strom

(2) $$i_0 = \frac{E}{W+w}.$$

Um vorgeschriebene Werthe von Π_0 und i_0 bei gegebenem E zu erreichen, hat man zu nehmen:

(3) $$W = \frac{E-\Pi_0}{i_0}; \quad w = \frac{\Pi_0}{i_0}.$$

Es besteht immer die Ungleichheit $\Pi_0 < E$.

Die oben betrachtete Anordnung entspricht der Ladung des Condensators. Wenn es sich um die Entladung handelt, so wird die elektromotorische Kraft E in den Stromkreis w verlegt (Fig. 2). Alsdann ist

(4) $$\Pi_0 = \frac{W}{W+w} E,$$

(5) $$i_0 = \frac{E}{W+w},$$

und es ergiebt sich

(6) $$W = \frac{\Pi_0}{i_0}; \quad w = \frac{E-\Pi_0}{i_0},$$

wobei stets $\Pi_0 < E$ ist.

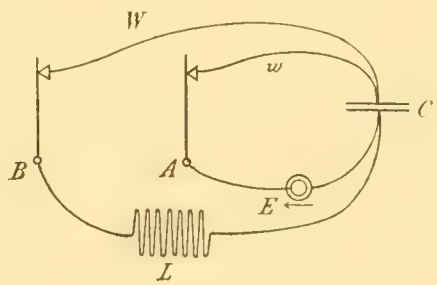


Fig. 2.

Die dem stationären Zustande angehörenden Werthe Π_0 und i_0 treten als Anfangswerthe bei dem Ladungs- oder Entladungsvorgange auf. Es verhindert nämlich die Selbstinduktion des Hauptstromkreises eine plötzliche (d. h. im Verhältniss zu den bei dem zu untersuchenden Vorgange vorkommenden Zeitlängen unmerkbar schnelle) Änderung der Stromstärke; und plötzliche Änderungen des Potentials, bezw. der Ladung des Condensators sind ausgeschlossen, indem in einer unendlich kurzen Zeit keine endliche Elektricitätsmenge dem Condensator zugeführt wird.

2. **Differentialgleichungen der Ladung und der Entladung des Condensators.** Bezeichnet man die augenblicklichen Potentiale der Condensatorbelegungen mit p_1 und p_2, den Widerstand des Stromkreises mit W, seinen Selbstinduktionscoefficienten mit L, die Capacität des Condensators mit C und die augenblickliche Stromstärke mit i (Fig. 3), so hat man bekanntlich bei der Ladung des Condensators die Gleichungen

(7) $$E + p_1 - p_2 - L\frac{di}{dt} = Wi,$$

$$i = C\frac{d(p_2-p_1)}{dt}.$$

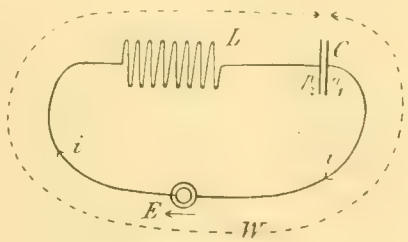


Fig. 3.

Setzt man noch

$$p_2 - p_1 = \Pi, \tag{8}$$

und eliminirt die Stromstärke, so findet man die folgende bekannte Differentialgleichung des Ladungsvorganges:

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{W}{L}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{LC}\Pi = \frac{1}{LC}E. \tag{9}$$

Ferner ist

$$i = C\frac{d\Pi}{dt}. \tag{10}$$

Es sollen die Bezeichnungen

$$2a = \frac{W}{L};\quad b = \frac{1}{LC} \tag{11}$$

gebraucht werden. Alsdann geht die Diff.-Gl. (9) über in

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b(\Pi - E) = 0. \tag{12}$$

Die Differentialgleichung der Entladung ergiebt sich unmittelbar aus derjenigen der Ladung, indem E gleich Null gesetzt wird. Sie ist also

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{W}{L}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{LC}\Pi = 0, \tag{13}$$

oder abgekürzt

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b\Pi = 0. \tag{14}$$

3. **Beziehungen zwischen Ladung und Entladung.**[1]) Zwischen denjenigen beiden Curven, welche das Ladungs- und das Entladungspotential des Condensators als Function der Zeit darstellen, besteht eine einfache Beziehung, wenn der Stromkreis in beiden Fällen derselbe ist, nur mit dem Unterschiede, dass die elektromotorische Kraft E in dem letzteren Falle fehlt. Um diese Beziehung herzuleiten, möge für einen Augenblick das Ladungspotential mit Π, das Entladungspotential mit P bezeichnet werden. Vorausgesetzt dass P die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (13) darstellt, so hat jede Lösung der Diff.-Gl. (9) die Form

$$\Pi = E + AP,$$

wobei A eine Constante ist. Diese Constante bestimmt sich jetzt durch die Bedingung, dass für $t = 0$, $P = P_0$ und $\Pi = \Pi_0$ sein muss. Es ergiebt sich somit

[1]) Die Worte „Ladung“ und „Entladung“ sollen hier und im Folgenden in einem allgemeineren Sinne als dem gewöhnlichen gefasst werden. Der Ausdruck „Ladung“ soll einen Uebergang von einem stationären Zustande zu einem anderen bezeichnen, wobei eine elektromotorische Kraft E in dem Stromkreise vorhanden ist, der Ausdruck „Entladung“ einen ebensolchen Uebergang ohne Mitwirkung einer Stromquelle E. In dem ersten Falle tritt ein rechtes Glied in der Diff.-Gl. für das Potential des Condensators auf, in dem zweiten Falle nicht. Es braucht somit bei der Ladung die Elektricitätsmenge im Condensator nicht nothwendig zunehmen, und bei der Entladung nicht nothwendig abnehmen.

$$A = -\frac{E - \Pi_0}{P_0}$$

und folglich

(15) $$\Pi = E - \frac{E - \Pi_0}{P_0} P.$$

Giebt man dieser Beziehung die Form

$$\Pi - \frac{1}{2} E = \frac{1}{2} E - \frac{E - \Pi_0}{P_0} P,$$

so sieht man, dass die Π-Curve in der Weise entsteht, dass man zuerst die Ordinaten der P-Curve in dem Verhältniss $\frac{E - \Pi_0}{P_0}$ vergrössert und die so erhaltene Curve in Bezug auf eine Gerade spiegelt, welche parallel der Achse der Abscissen, auf der positiven Seite und im Abstande $\frac{1}{2} E$ verläuft.

Zwischen den augenblicklichen Stromstärken, bei der Ladung und bei der Entladung, besteht die Relation

(16) $$C \frac{d\Pi}{dt} = -\frac{E - \Pi_0}{P_0} \cdot C \frac{dP}{dt},$$

woraus hervorgeht, dass sie einander proportional und von entgegengesetzter Richtung sind. Das Proportionalitätsverhältniss ist nach den Gl. (3) und (6) gleich dem Verhältniss zur Zeit $t = 0$.

Die Formeln (15) und (16) vereinfachen sich bedeutend, wenn als Anfangswerthe

$$\Pi_0 = 0: \quad P_0 \quad E$$

genommen werden. Alsdann ist

(17) $$\Pi = E - P;$$

(18) $$C \frac{d\Pi}{dt} = -C \frac{dP}{dt};$$

d. h. die Ladungs- und Entladungscurven sind symmetrisch in Bezug auf die obige Gerade im Abstande $\frac{1}{2} E$, und die Stromstärken sind gleich gross und entgegengesetzt gerichtet.

Sämmtliche in diesem Art. gefundene Resultate sind unabhängig von dem Charakter der Ladung oder Entladung; diese mag periodisch oder aperiodisch sein.

Wenn die Ladungscurve ein Maximum (Minimum) besitzt, so zeigt die Entladungscurve zur selben Zeit ein Minimum (Maximum) auf; ebenso kommen Inflexionspunkte der beiden Curven gleichzeitig vor. Es genügt überhaupt z. B. die Ladung zu untersuchen, indem die Eigenschaften der Entladung aus denjenigen der Ladung unmittelbar ableitbar sind.

Eine andere Frage, welche in dem experimentellen Theile dieser Arbeit ihre Beantwortung finden wird, ist diejenige, ob nichtdestoweniger experimentelle Unter-

schiede zwischen Ladung und Entladung vorhanden sein können, welche aus gewissen oben nicht betrachteten Nebenumständen, wie z. B. aus der Veränderlichkeit der Capacität des Condensators, erwachsen.

4. **Aperiodische Ladung.** Das allgemeine Integral der Differentialgleichung (12) ist

$$\Pi = E\left\{1+e^{-at}\left(A_1 e^{\sqrt{a^2-b}\,t}+B_1 e^{-\sqrt{a^2-b}\,t}\right)\right\}, \tag{19}$$

wobei die Constanten A_1 und B_1 reel sind, vorausgesetzt dass die Bedingung

$$a^2-b>0, \text{ d. h. } W>2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{20}$$

erfüllt wird. Die Ladung des Condensators ist in diesem Falle aperiodisch (nicht oscillirend).

Die Form (19) ist identisch mit der folgenden Form:

$$\Pi = E\left\{1+e^{-at}\left(A\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+B\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right)\right\}. \tag{21}$$

Hieraus wird abgeleitet:

$$i=C\frac{d\Pi}{dt}=CEe^{-at}\left\{\left(B\sqrt{a^2-b}-Aa\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\left(A\sqrt{a^2-b}-Ba\right)\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \tag{22}$$

Mittels der Anfangsbedingungen, dass für $t=0$, $\Pi=\Pi_0$ und $i=i_0$ sein sollen, berechnen sich als Werthe der Constanten:

$$A=-\frac{E-\Pi_0}{E};\quad B=-\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\left\{a\frac{E-\Pi_0}{E}-\frac{i_0}{CE}\right\}, \tag{23}$$

und man erhält das System

$$\left\{\begin{aligned}
&\Pi=E-e^{-at}\left\{(E-\Pi_0)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\left[a(E-\Pi_0)-\frac{i_0}{C}\right]\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\},\\
&i=C\frac{d\Pi}{dt}=e^{-at}\left\{i_0\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\left[Cb(E-\Pi_0)-a\,i_0\right]\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\},\\
&\frac{di}{dt}=e^{-at}\left\{\left[Cb(E-\Pi_0)-2a\,i_0\right]\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\left[Cab(E-\Pi_0)-(2a^2-b)\,i_0\right]\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{24}$$

Es empfiehlt sich für die aperiodische Ladung des Condensators noch ein etwas anders gebautes System von Gleichungen aufzustellen, deren Grundlage die Bezeichnungen

$$\lambda_1=a+\sqrt{a^2-b};\quad \lambda_2=a-\sqrt{a^2-b} \tag{25}$$

bilden. Es folgt hieraus

$$(26)\qquad \begin{cases} a=\frac{1}{2}(\lambda_1+\lambda_2); \quad \sqrt{a^2-b}=\frac{1}{2}(\lambda_1-\lambda_2); \\ b=\lambda_1\lambda_2; \end{cases}$$

und

$$(27)\qquad \begin{cases} \Pi=E+\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2(E-\Pi_0)-\frac{i_0}{C}\right\}e^{-\lambda_1 t}-\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1(E-\Pi_0)-\frac{i_0}{C}\right\}e^{-\lambda_2 t}; \\ i=C\frac{d\Pi}{dt}=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1 i_0-\frac{E-\Pi_0}{L}\right\}e^{-\lambda_1 t}-\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 i_0-\frac{E-\Pi_0}{L}\right\}e^{-\lambda_2 t}; \\ \frac{di}{dt}=-\frac{\lambda_1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1 i_0-\frac{E-\Pi_0}{L}\right\}e^{-\lambda_1 t}+\frac{\lambda_2}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 i_0-\frac{E-\Pi_0}{L}\right\}e^{-\lambda_2 t}. \end{cases}$$

5. **Allgemeine Discussion der aperiodischen Ladung.** In diesem Art. soll angenommen werden, dass die Grössen Π_0 und i_0 in keiner Weise mit den Constanten der Strombahn verbunden sind, somit auch die erste Relation (3) nicht befriedigen, sondern allgemeine Werthe besitzen, welche sowohl positiv als negativ sein können.[1]) Ohne Einschränknung kann vorausgesetzt werden, dass E positiv ist; hierdurch wird nur eine bestimmte Richtung im Stromkreise festgelegt. Bei der Discussion des aperiodischen Ladungsvorganges sind zwei Hauptfälle von einander zu unterscheiden, je nach dem Intervalle, in welchem die Grösse

$$R=\frac{L\lambda_1 i_0-(E-\Pi_0)}{L\lambda_2 i_0-(E-\Pi_0)}$$

sich befindet. Es ist entweder

$$(A)\qquad -\infty<R<1$$

oder

$$(B)\qquad 1<R<+\infty.$$

Die Durchsuchung aller Möglichkeiten ergiebt folgende Unterabtheilungen dieser beiden Fälle, wobei zugleich das Grössenintervall von R näher angesetzt ist.

$$(A)\quad \begin{cases} (a)\quad E-\Pi_0>0; & i_0>0; & L\lambda_1 i_0>E-\Pi_0>L\lambda_2 i_0; & R<0. \\ (b)\quad E-\Pi_0<0; & i_0<0; & L\lambda_1 i_0<E-\Pi_0<L\lambda_2 i_0; & R<0. \\ (c)\quad E-\Pi_0<0; & i_0<0; & E-\Pi_0<L\lambda_1 i_0; & 0<R<1. \\ (d)\quad E-\Pi_0>0; & i_0>0; & E-\Pi_0>L\lambda_1 i_0; & 0<R<1. \end{cases}$$

$$(B)\quad \begin{cases} (e)\quad E-\Pi_0>0; & i_0>0; & 0<E-\Pi_0<L\lambda_2 i_0; & R>1. \\ (f)\quad E-\Pi_0<0; & i_0<0; & 0>E-\Pi_0>L\lambda_2 i_0; & R>1. \\ (g)\quad E-\Pi_0>0; & i_0<0; & & R>1. \\ (h)\quad E-\Pi_0<0; & i_0>0; & & R>1. \end{cases}$$

[1]) Um eine derartige Unabhängigkeit experimentell zu Stande zu bringen, kann man bei der in Fig. 1 veranschaulichten Anordnung im Hauptstromkreise eine Stromschleife hinzufügen, welche in demselben Moment als der Contact A heruntergeschlagen wird, ein— oder ausgeschaltet wird. Die Stromschleife kann auch eine eigene E. M. K. enhalten.

Es soll jetzt das Verhalten des Potentials Π und der Stromstärke i in sämmtlichen diesen Fällen discutirt werden.

(A). Die vier Fälle (A) sind dadurch charakterisirt, dass die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0, \quad \text{d. h.} \quad e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}=R=\frac{L\lambda_1 i_0-(E-\Pi_0)}{L\lambda_2 i_0-(E-\Pi_0)} \tag{29}$$

keine endliche positive Wurzel besitzt. Hieraus ergiebt sich, dass das Potential Π sich stets in demselben Sinne verändert, und zwar wächst es in den Fällen (a) und (d) von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe E, welcher für $t=\infty$ asymptotisch erreicht wird (Fig. 4, 7 und 9), und nimmt in den Fällen (b) und (c) ab, von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe E (Fig. 5, 6 und 8). Der Strom i verändert in keinem der Fälle (A) seinen Sinn, er läuft in den Fällen (a) und (d) in der durch die elektromotorische Kraft E bestimmten Richtung (Fig. 3), in den Fällen (b) und (c) in der entgegengesetzten Richtung.

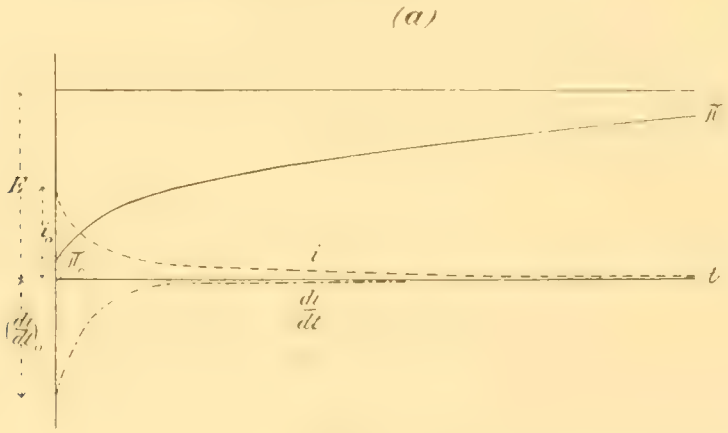


Fig. 4.

In den Fällen (a) und (b) existirt auch keine endliche positive Wurzel der Gl.

$$\frac{di}{dt}=0, \quad \text{d. h.} \quad e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}R=\frac{\lambda_1[L\lambda_1 i_0-(E-\Pi_0)]}{\lambda_2[L\lambda_2 i_0-(E-\Pi_0)]}, \tag{30}$$

woraus folgt, dass die Stromstärke sich stets in demselben Sinne verändert, und zwar in dem Falle (a) abnehmend von dem Werthe i_0, für $t=0$, zu dem Werthe Null, für $t=\infty$, in dem Falle (b) ihrem numerischen Betrage nach ebenfalls abnehmend, indem sie für $t=0$ mit dem negativen Werthe i_0 anfängt und für $t=\infty$ auf Null gesunken ist.

Es sollen das Potential Π und die Stromstärke i im Folgenden immer als das Zeichen einschliessend, somit Ladungssinn und Stromrichtung angebend betrachtet werden.

In jedem der Fälle (c) und (d) sind zwei Möglichkeiten vorhanden, in dem die Gl. (30) entweder keine positive endliche Wurzel besitzt oder eine positive endliche Wurzel hat. Die Bedingung des ersteren ist in dem Falle (c)

(c′) $$\Pi_0 - E < -W i_0 ,$$

in dem Falle (d)

(d′) $$E - \Pi_0 < W i_0 ,$$

dagegen die Bedingung des letzteren im Falle (c)

(c″) $$\Pi_0 - E > -W i_0 ,$$

und im Falle (d)

(d″) $$E - \Pi_0 > W i_0 .$$

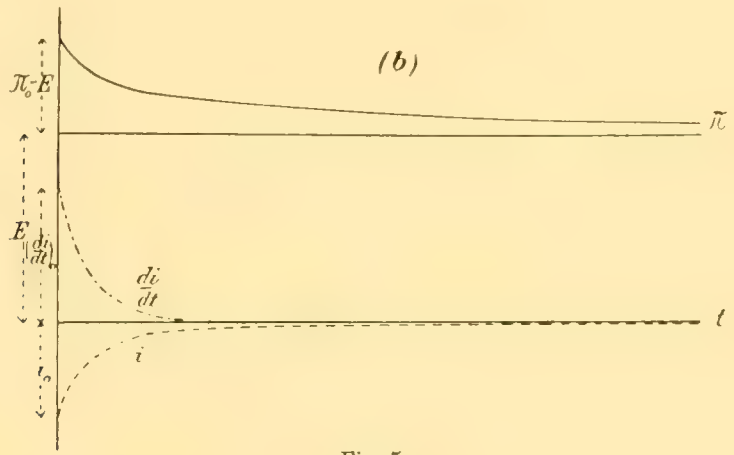


Fig. 5.

In den Fällen (c′) und (d′) geht die Veränderung des Stromes immer im demselben Sinne und zwar nimmt in dem Falle (c′) die negative Stromstärke stets zu (numerisch ab), von dem Anfangswerthe i_0 zu dem Endwerthe Null, in dem Falle (d′) dagegen die positive Stromstärke i ab, von dem Werthe i_0 zu Null.

In den Fällen (c″) und (d″) wechselt die Veränderung des Stromes zu einer gewissen Zeit t_1 ihren Sinn. In dem Falle (c″) nimmt i ab von dem Werthe i_0, für $t = 0$, erreicht zur Zeit

(31) $$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 (\Pi_0 - E + L \lambda_1 i_0)}{\lambda_2 (\Pi_0 - E + L \lambda_2 i_0)} -$$

$$= \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\, \lambda_1 (\Pi_0 - E + L \lambda_1 i_0)}{\sqrt{(\Pi_0 - E)^2 + W i_0 (\Pi_0 - E) + \frac{L}{C} i_0^2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\, \lambda_2 (\Pi_0 - E + L \lambda_2 i_0)}{\sqrt{(\Pi_0 - E)^2 + W i_0 (\Pi_0 - E) + \frac{L}{C} i_0^2}} -$$

das negative Minimum

(32) $$i_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(\Pi_0 - E)^2 + W i_0 (\Pi_0 - E) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-a t_1} ,$$

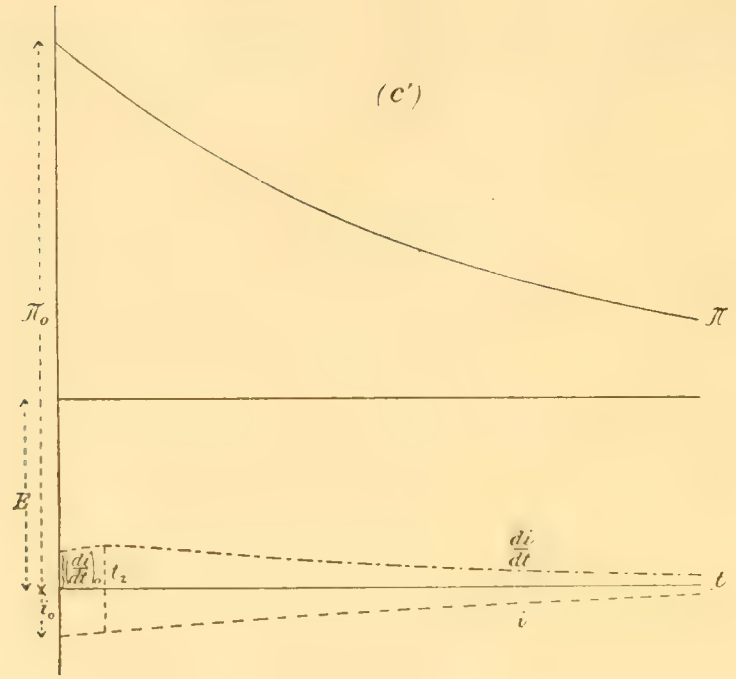


Fig. 6.

und nimmt dann zu, bis für $t=\infty$ $i=0$ wird. In dem Falle (d'') wächst die positiv bleibende Stromstärke von dem Anfagswerthe i_0 bis zu dem zur Zeit

(33) $$t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1(E-\Pi_0-L\lambda_1 i_0)}{\lambda_2(E-\Pi_0-L\lambda_2 i_0)}=$$

$$=\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\frac{\sqrt{LC}\,\lambda_1(E-\Pi_0-L\lambda_1 i_0)}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2-Wi_0(E-\Pi_0)+\frac{L}{C}i_0^2}}=-\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\frac{\sqrt{LC}\,\lambda_2(E-\Pi_0-L\lambda_2 i_0)}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2-Wi_0(E-\Pi_0)+\frac{L}{C}i_0^2}}$$

(d')

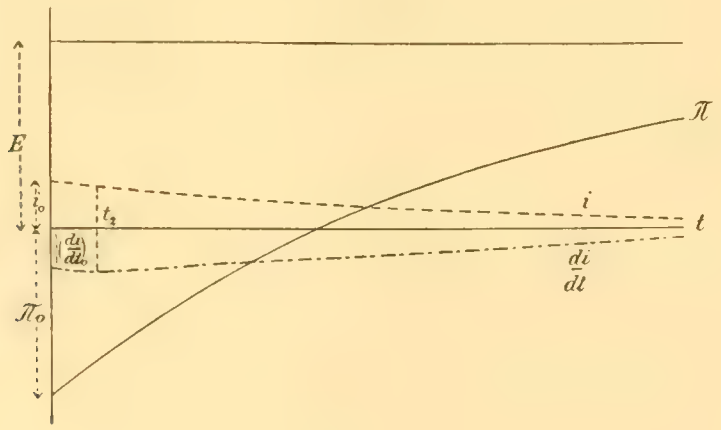


Fig. 7.

T. XXVIII.

gehörenden Maximum

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_1}. \tag{34}$$

nimmt dann stetig ab und erreicht für $t = \infty$ den Werth Null.

Den Werthen $t = t_1$ entsprechen Inflexionspunkte der Π-Curve.

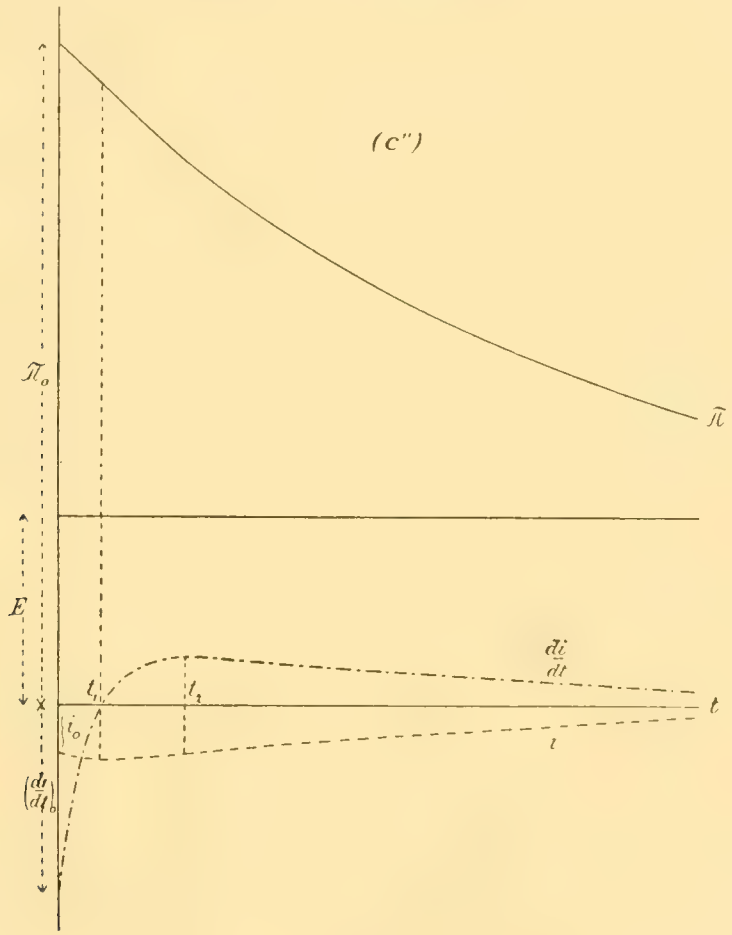


Fig. 8.

Auch die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion, deren Ausdruck $-L\frac{di}{dt}$ ist, lässt sich vollständig discutiren, indem man noch die Gl.

$$\frac{d^2i}{dt^2} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\lambda_1 i_0 - \frac{E-\Pi_0}{L}\right\} e^{-\lambda_1 t} - \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\lambda_2 i_0 - \frac{E-\Pi_0}{L}\right\} e^{-\lambda_2 t} \tag{35}$$

zu Hülfe zieht. Diese Gl. hat in den Fällen (a) und (b) keine endliche positive Wurzel. In dem Falle (c') giebt es eine solche Wurzel t_2 oder keine Wurzel, je nachdem

$$\Pi_0 - E \gtreqless \left(W^2 - \frac{L}{C}\right)\frac{-i_0}{W}$$

ist, in dem Falle (d') ebenso, je nachdem

$$\left(W^2 - \frac{L}{C}\right)\frac{i_0}{W} \gtreqless E - \Pi_0$$

ist, und zwar hat man

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1^2\,\Pi_0 - E + L\,\lambda_1\,i_0}{\lambda_2^2\,\Pi_0 - E + L\,\lambda_2\,i_0} = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1^2\,E - \Pi_0 - L\,\lambda_1\,i_0}{\lambda_2^2\,E - \Pi_0 - L\,\lambda_2\,i_0}.$$

In den Fällen (c'') und (d'') existirt die Wurzel t_2 immer.

(d'')

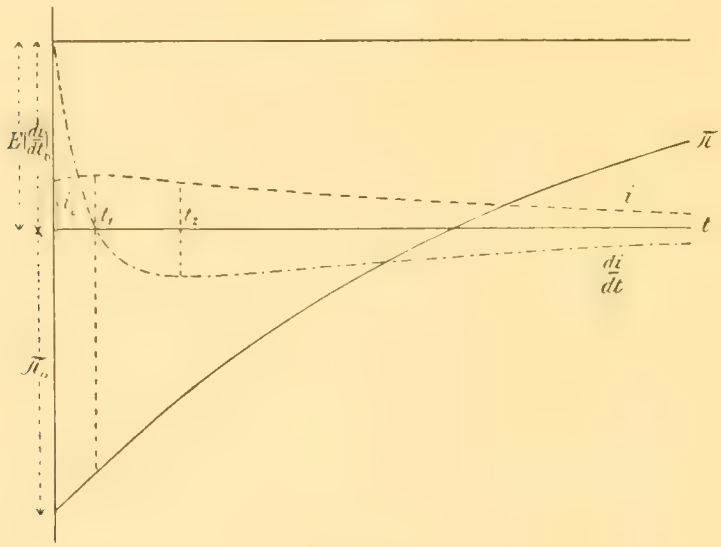


Fig. 9.

Wenn keine Wurzel t_2 vorhanden ist, so verändert sich $-L\frac{di}{dt}$ von dem Anfangswerthe $W i_0 + \Pi_0 - E = W i_0 - (E - \Pi_0)$ an beständig in demselben Sinne, und wird gleich Null für $t = \infty$.

In demjenigen Falle (c'), in welchem es eine Wurzel t_2 giebt, und in dem Falle (c'') nimmt $-L\frac{di}{dt}$ zuerst bis zu dem für $t = t_2$ hervorgehenden Minimum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\sqrt{(\Pi_0 - E)^2 + W i_0(\Pi_0 - E) + \frac{L}{C}i_0^2}\; e^{-\alpha t_2} \tag{36}$$

ab, und wächst dann zu Null. In dem Falle (c'') ändert $-L\frac{di}{dt}$ ausserdem Richtung zur Zeit t_1.

In demjenigen Falle (d'), in welchem es eine Wurzel t_2 giebt, und in dem Falle (d'') wächst $-L\frac{di}{dt}$ von dem Anfangswerthe an bis zu dem der Zeit t_2 entsprechenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - Wi_0(E-\Pi_0) + \frac{L}{C}i_0^2}\, e^{-at_2}, \tag{37}$$

und nimmt dann zu Null ab. In dem Falle (d'') ergiebt sich dabei eine Richtungsänderung der induktionselektromotorischen Kraft zur Zeit t_1.

Die Fig. 4 ··· 9 zeigen für die verschiedenen Fälle das Potential Π, die Stromstärke i und die Ableitung $\frac{di}{dt}$ in einem Zusammenhange. Unter den Fällen (c') und (d') sind diejenigen angesetzt, in welchem eine Wurzel t_2 vorkommt.[1])

(B). Die vier Fälle (B) sind dadurch ausgezeichnet, dass die Gl. (29) jetzt eine und nur eine endliche positive Wurzel besitzt, welche mit t_0 bezeichnet werde. Zur Zeit t_0 wechselt der Sinn des Stromes und erreicht das Potential Π ein Maximum oder Minimum. Auch die Gl. (30) besitzt in den Fällen (B) eine positive Wurzel t_1, welche grösser als t_0 ist und einem Maximum oder Minimum der Stromstärke sowie einem Inflexionspunkte der Potentialcurve angehört. Die Discussion mag besonders für jeden einzelnen Fall geführt werden. Die Fig. 10 bis 13 veranschaulichen graphisch die Vorgänge.

---

[1]) Die Fig. 4 ··· 9 sind für folgende Annahmen construirt: In allen diesen Fällen wurde genommen: $C = 1$ M.F. $= 10^{-15}\frac{\text{sek}^2}{\text{cm}}$; $L = 1$ Henry $= 10^9$ cm; $W = 4000$ Ohm $= 4.10^{12}\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$; $E = 1$ Volt $= 10^8\frac{\text{cm}^{\frac{3}{2}}\text{g}^{\frac{1}{2}}}{\text{sek}^2}$. Hieraus folgt

$$a = \frac{1}{2}\frac{W}{L} = 2\times 10^3\frac{1}{\text{sek}},$$

$$\sqrt{a^2-b} = \sqrt{3}\times 10^3\frac{1}{\text{sek}} = 1.732\times 10^3\frac{1}{\text{sek}},$$

$$\lambda_1 = 3.732\times 10^3\frac{1}{\text{sek}};\ \lambda_2 = 0.268\times 10^3\frac{1}{\text{sek}}.$$

Ferner wurden in den einzelnen Figuren folgende Werthe von Π_0 und i_0 gebraucht: In Fig. 4: $\Pi_0 = 0.1$ Volt; $i_0 = 1$ Milliamp. $= 10^{-4}\frac{\text{cm}^{\frac{1}{2}}\text{g}^{\frac{1}{2}}}{\text{sek}}$. In Fig. 5: $\Pi_0 = 1.5$ Volt; $i_0 = -1$ Milliamp. In Fig. 6: $\Pi_0 = 2.9$ Volt; $i_0 = -0.5$ Milliamp. In Fig. 7: $\Pi_0 = -0.9$ Volt; $i_0 = 0.5$ Milliamp. In Fig. 8: $\Pi_0 = 3.5$ Volt; $i_0 = -0.5$ Milliamp. In Fig. 9: $\Pi_0 = -1.5$ Volt; $i_0 = 0.5$ Milliamp. Für die Zeit als Abscisse ist die benutzte Scala: 1 Millisec. $= 1.5$ cm; für Π hat man die Scala: 1 Volt $= 2.5$ cm, für i 1 Milliamp. $= 1.25$ cm und für $\frac{di}{dt}$: $1\frac{\text{cm}^{\frac{1}{2}}\text{g}^{\frac{1}{2}}}{\text{sek}^2} = 5$ mm, ausser in den Fig. 4 und 5, wo die letzte Scala ist: $1\frac{\text{cm}^{\frac{1}{2}}\text{g}^{\frac{1}{2}}}{\text{sek}^2} = 0.5$ mm.

Der Fall (e) (Fig. 10). Das Potential Π wächst, von dem Werthe Π_0 anfangend, erreicht zur Zeit

$$t_0 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{L\lambda_1 i_0 - (E - \Pi_0)}{L\lambda_2 i_0 - (E - \Pi_0)} = \tag{38}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{L\lambda_1 i_0 - (E - \Pi_0)}{\sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{L\lambda_2 i_0 - (E - \Pi_0)}{\sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}}$$

das Maximum

$$\Pi_{\max} = E + \sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_0}, \tag{39}$$

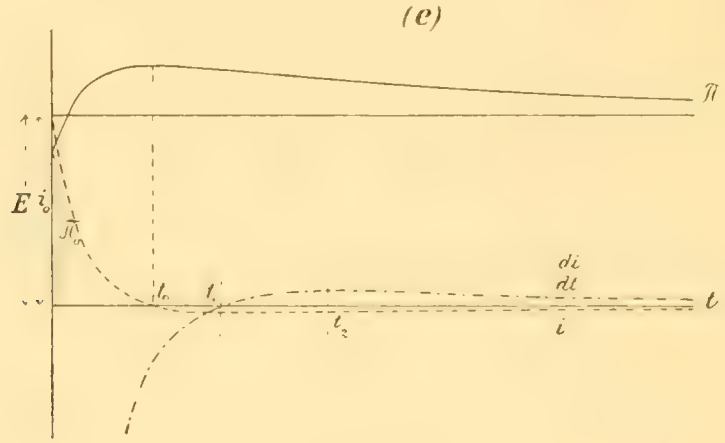


Fig. 10.

nimmt ab, erleidet zur Zeit

$$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 [L\lambda_1 i_0 - (E - \Pi_0)]}{\lambda_2 [L\lambda_2 i_0 - (E - \Pi_0)]} = \tag{40}$$

$$\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\,\lambda_1 [L\lambda_1 i_0 - (E - \Pi_0)]}{\sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\,\lambda_2 [L\lambda_2 i_0 - (E - \Pi_0)]}{\sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}}$$

eine Inflexion, und nähert sich dem Werthe E, der für $t = \infty$ angenommen wird.

Die Stromstärke nimmt von dem positiven Anfangswerthe i_0 ab, wird Null für $t = t_0$, erreicht zur Zeit t_1 das negative Minimum

$$i_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(E - \Pi_0)^2 - W i_0 (E - \Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_1}, \tag{41}$$

wächst dann und wird gleich Null für $t = \infty$.

Die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{di}{dt}$ nimmt, mit dem positiven Werthe $W i_0 - (E - \Pi_0)$ für $t = 0$ anfangend, ab, wird gleich Null zur Zeit t_1, erreicht zur Zeit t_2, welcher Werth beträgt

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1^2 L \lambda_1 i_0 - (E - \Pi_0)}{\lambda_2^2 L \lambda_2 i_0 - (E - \Pi_0)},$$

das Minimum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_2}. \tag{42}$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null.

Der Fall (f). (Fig. 11). Mit dem positiven Werthe Π_0 anfangend, nimmt das Potential Π zuerst ab, erreicht zur Zeit

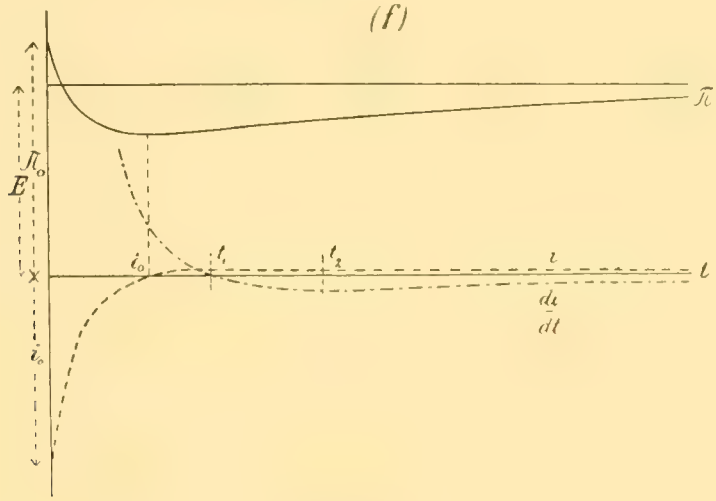


Fig. 11.

$$t_0 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{E - \Pi_0 - L\lambda_1 i_0}{E - \Pi_0 - L\lambda_2 i_0} = \tag{43}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{E - \Pi_0 - L\lambda_1 i_0}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{E - \Pi_0 - L\lambda_2 i_0}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}}$$

das Minimum

$$\Pi_{\min} = E - \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_0}, \tag{44}$$

nimmt dann wieder zu, bis es für $t = \infty$ gleich E wird. Dem Zeitpunkte

$$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 (E - \Pi_0 - L\lambda_1 i_0)}{\lambda_2 (E - \Pi_0 - L\lambda_2 i_0)} = \tag{45}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\,\lambda_1 (E - \Pi_0 - L\lambda_1 i_0)}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \frac{\sqrt{LC}\,\lambda_2 (E - \Pi_0 - L\lambda_2 i_0)}{\sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Stromstärke beginnt mit dem negativen Werthe i_0, wächst, wird Null für $t = t_0$, nimmt positive Werthe an, erreicht zur Zeit t_1 das Maximum

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_1} \tag{46}$$

und sinkt dann auf Null, welcher Werth jedoch theoretisch erst nach unendlich langer Zeit angenommen wird.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat für $t=0$ den negativen Werth $\Pi_0 - E + W i_0$, wächst, wird gleich Null für $t = t_1$ und erreicht zur Zeit

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1^2 E - \Pi_0 - L\lambda_1 i_0}{\lambda_2^2 E - \Pi_0 - L\lambda_2 i_0}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + \frac{L}{C} i_0^2}\, e^{-at_2}, \tag{47}$$

um nachher auf Null zu sinken.

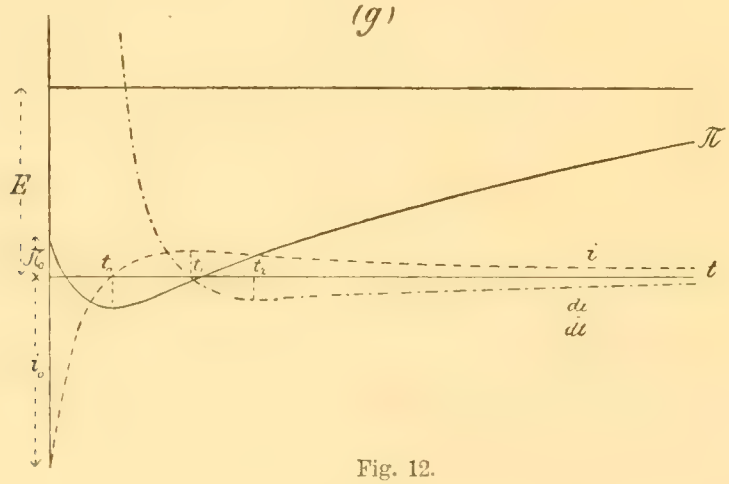


Fig. 12.

Der Fall (g). (Fig. 12). Dieser Fall ist von dem Falle (f) nur dadurch unterschieden, dass während in dem Falle (f) Π_0 positiv und grösser als E ist und Π zwischen $t=0$ und $t=t_0$ ein Mal gleich E wird, in dem Falle (g) Π_0 entweder positiv und kleiner als E oder negativ ist, und der Werth E im Intervalle $0 \cdots t_0$ von Π nicht angenommen wird. Sonst ist das Verhalten des Potentials Π und der Stromstärke i in beiden Fällen ähnlich.

In den beiden Fällen (f) und (g) kann die Möglichkeit eintreten, dass die Ladung des Condensators während einer gewissen Zeit negativ ist, obgleich die Anfangs-

ladung CH_0 und die Endladung CE positive Werthe haben, und zwar ergiebt sich aus der Formel (44) als Bedingung hierfür

$$t_0 < \frac{1}{a} \log \frac{\sqrt{(E-H_0)^2 - W i_0 (E-H_0) + \frac{L}{C} i_0^2}}{E}. \tag{48}$$

Der Fall (h). (Fig. 13). In diesem Falle gilt alles das im Falle (e) gefundene, nur mit der Beschränkung, dass der Anfangswerth H_0 jetzt positiv und grösser als E ist. In dem Falle (e) nimmt H ein Mal zwischen $t=0$ und $t=t_0$ den Werth E an, in dem Falle (h) dagegen bleibt H stets grösser als E, welchen Werth es erst für $t=\infty$ annimmt.

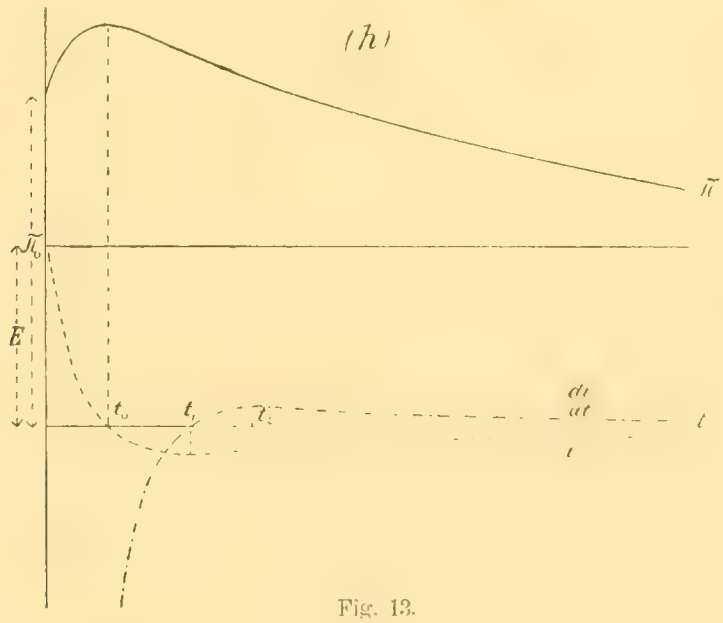


Fig. 13.

Die gesammte Discussion hat zu dem Resultate geführt, dass *zwei verschiedene Arten von aperiodischer Ladung möglich sind, in dem der absolute Werth des Ladungspotentiales* $|H|$ *entweder ein Maximum besitzt* [in den Fällen (B)] *oder kein Maximum hat* [in den Fällen (A)]. [1])

[1]) Die Fig. 10··13 entsprechen den folgenden speciellen Annahmen: für alle gemeinsam: $C=1$ M. F.; $L=1$ Henry; $W=4000$ Ohm; $E=1$ Volt. In Fig. 10 ist $H_0=0.8$ Volt und $i_0=2$ Milliamp.; in Fig. 11 hat man $H_0=1.2$ Volt und $i_0=-2$ Milliamp.; in Fig. 12 sind die Werthe $H_0=0.2$ Volt und $i_0=-2$ Milliamp. und in Fig. 13 $H_0=1.8$ Volt und $i_0=2$ Milliamp. Die Scala ist dieselbe wie in den Fig. 6···9.

6. **Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es soll jetzt der praktisch sehr bedeutende Specialfall in Betracht gezogen werden, welcher sich bei der Anordnung in Fig. 1 ergiebt. Es ist alsdann Π_0 positiv und kleiner als E, i_0 positiv, und die Relation (3)

$$E - \Pi_0 = W i_0 \tag{49}$$

besteht. Diese Annahmen sind in dem im Art. 5 betrachteten Falle (A) (d) erfüllt, und zwar hat man hier mit dem Grenzfalle, welcher den Uebergang zwischen (d') und (d'') bildet, zu thun. Das Formelsystem (24) vereinfacht sich jetzt folgenderweise

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E - (E - \Pi_0)\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2 - b}\, t + \frac{a - \frac{1}{WC}}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh\sqrt{a^2 - b}\, t\right\}, \\ i &= i_0\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2 - b}\, t + \frac{a}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh\sqrt{a^2 - b}\, t\right\}, \\ \frac{di}{dt} &= -i_0 \frac{b}{\sqrt{a^2 - b}}\, e^{-at} \sinh\sqrt{a^2 - b}\, t. \end{aligned}\right. \tag{50}$$

Wendet man noch die Bezeichnungen

$$\beta = \sqrt{a^2 - b}, \tag{51}$$

$$\frac{a - \frac{1}{WC}}{\sqrt{a^2 - b}} = \operatorname{cotgh} \varphi; \quad \frac{a}{\sqrt{a^2 - b}} = \operatorname{cotgh} \psi \tag{52}$$

an, so geht das System (50) über in

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E - \frac{E - \Pi_0}{WC\beta}\, e^{-at} \sinh(\beta t + \varphi), \\ i &= \frac{i_0}{\sqrt{LC}\,\beta}\, e^{-at} \sinh(\beta t + \psi), \\ \frac{di}{dt} &= -\frac{i_0}{LC\beta}\, e^{-at} \sinh \beta t. \end{aligned}\right. \tag{53}$$

Statt des Systemes (27) tritt das folgende

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E + \frac{E - \Pi_0}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\left(\lambda_2 - \frac{1}{WC}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \frac{1}{WC}\right) e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ i &= -\frac{i_0}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\lambda_2\, e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1\, e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \frac{di}{dt} &= i_0 \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right). \end{aligned}\right. \tag{54}$$

Was die Discussion des Ladungsvorganges betrifft, so bemerkt man zuerst, dass die Potentialcurve mit ihrem Inflexionspunkte einsetzt. Das Potential Π wächst immer, von dem Anfangswerthe Π_0 bis zu dem Werthe E, welcher für $t = \infty$ eintritt. Der Strom behält die ganze Zeit dieselbe Richtung, nämlich diejenige von E.

Seine Stärke nimmt allmählig ab, von dem ursprünglichen Werthe i_0 bis zu dem Werthe Null.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$, welche die induktionselektromotorische Kraft darstellt, hat für $t=0$ den Werth Null. Sie behält die ganze Zeit dieselbe Richtung, nämlich diejenige von E. Dem Zeitpunkte

(55) $$t_2=\frac{\psi}{\beta}=\frac{1}{\beta}\operatorname{Ar}\operatorname{cotgh}\frac{a}{\beta}=$$

$$=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\frac{\sqrt{LC}\,\lambda_1}{-\lambda_2}=\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\sqrt{LC}\,\lambda_1\lambda_2$$

entspricht das Maximum

(56) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=i_0\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-at_2}.$$

Die Grössen Π, i und $\frac{di}{dt}$ sind in der Fig. 14 zusammen dargestellt.[1])

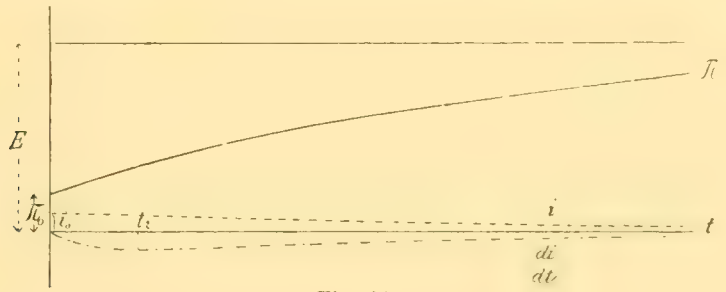


Fig. 14.

7. **Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Wenn die Belegungen eines ungeladenen Condensators plötzlich durch eine Strombahn verbunden werden, welche die elektromotorische Kraft E enthält (Siehe Fig. 3), so fängt die Ladung an unter den Bedingungen

(57) $$\Pi_0=0;\quad i_0=0.$$

Diese Werthe gehören einem Grenzfalle an, welcher den Uebergang zwischen (A) (d) und (B) (g) vermittelt. Aus (24) erhält man jetzt das System

(58) $$\begin{cases} \Pi=E\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\frac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ i=\frac{E}{L\sqrt{a^2-b}}e^{-at}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t, \\ \frac{di}{dt}=\frac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\frac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \end{cases}$$

[1]) Die Figur entspricht den Annahmen: $C=1$ M. F.; $L=1$ Henry; $W=4000$ Ohm; $E=1$ Volt, $i_0=0.2$ Milliamp. Die Scala ist dieselbe wie in den Fig. $6\cdots13$.

welches mit Anwendung der Bezeichnungen

$$\beta = \sqrt{a^2 - b}; \quad \frac{a}{\sqrt{a^2 - b}} = \operatorname{cotgh} \psi \tag{59}$$

noch in

$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1 - \dfrac{1}{\beta\sqrt{LC}} e^{-at} \sinh(\beta t + \psi)\right\}, \\ i = \dfrac{E}{L\beta} e^{-at} \sinh \beta t, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{L\sqrt{LC}\,\beta} e^{-at} \sinh(\beta t - \psi) \end{cases} \tag{60}$$

übergeht.

Statt des Systemes (27) tritt jetzt das folgende System von Gl.

$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\left[\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ i = -\dfrac{E}{L(\lambda_1 - \lambda_2)}\left\{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L(\lambda_1 - \lambda_2)}\left\{\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases} \tag{61}$$

Zur Discussion übergehend, bemerkt man zuerst, dass die Ladungscurve mit ihrem Minimum anfängt. Das Potential Π wächst stets, von dem Werthe Null an, und erreicht für $t = \infty$ den Endwerth E. Dem Abscissenwerthe

$$t_1 = \frac{\psi}{\beta} = \frac{1}{\beta} \operatorname{Ar\,cotgh} \frac{a}{\beta} =$$

$$= \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \sqrt{LC}\,\lambda_1 = -\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \sqrt{LC}\,\lambda_2 \tag{62}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Der Strom hat beständig dieselbe Richtung wie E, und die Stromstärke wächst von Null an zu dem zur Zeit t_1 stattfindenden Maximum

$$i_{\max} = E\sqrt{\frac{C}{L}} e^{-at_1}, \tag{63}$$

um alsdann wieder zu sinken, bis zu Null, für $t = \infty$.

Die induktionselektromotorische Kraft $-L\dfrac{di}{dt}$ fängt mit dem Werthe $-E$ an, nimmt numerisch ab, wird Null für $t = t_1$, ändert ihre Richtung, wächst zu dem zur Zeit $t = 2t_1$ stattfindenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = E e^{-2at_1} = E e^{-\frac{W}{L} t_1} \tag{64}$$

und nimmt dann wieder ab, bis sie für $t = \infty$ gleich Null geworden ist.

Die Fig. 15 veranschaulicht die zu diesem Falle gehörenden Grössen Π, i und $\frac{di}{dt}$.[1])

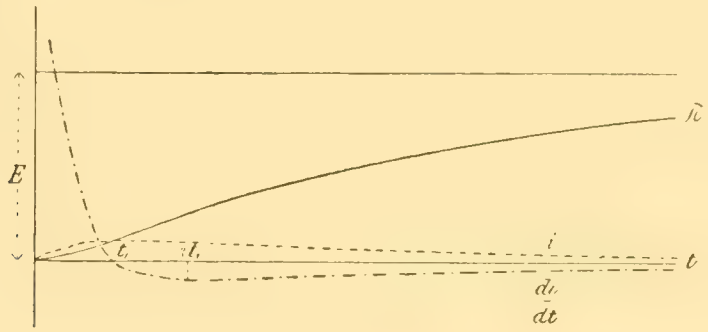


Fig. 15.

8. **Uebergangsfall bei der Ladung.** In dem Grenzfalle

$$a^2 = b\,; \quad \text{d. h.} \quad W = 2\sqrt{\frac{L}{C}}, \tag{65}$$

in welchem der Werth des Widerstandes angemessen der kritische Widerstand genannt wird, verlieren die in den Art. 4, 6 und 7 aufgestellten Formelsysteme ihre Anwendbarkeit. Es soll dieser Fall als Uebergangsfall bezeichnet werden, weil er den Uebergang zwischen der aperiodischen und der periodischen Ladung bildet.

Das allgemeine Integral der Differentialgleichung (12) hat in dem Uebergangsfalle die Form

$$\Pi = E - e^{-at}(A + Bt). \tag{66}$$

Hieraus folgt

$$i = C\frac{d\Pi}{dt} = Ce^{-at}(aA - B + aBt), \tag{67}$$

und mittels der Anfangsbedingungen, dass für $t = 0$, $\Pi = \Pi_0$ und $i = i_0$ sein soll, berechnen sich die Constantenwerthe

$$A = E - \Pi_0\,; \quad B = a(E - \Pi_0) - \frac{i_0}{C}. \tag{68}$$

Es ergiebt sich somit als Lösung das System

$$\begin{cases} \Pi = E - e^{-at}\left\{E - \Pi_0 + \left[a(E - \Pi_0) - \frac{i_0}{C}\right]t\right\}, \\ i = i_0 e^{-at}\left\{1 - a\left[1 - aC\frac{E - \Pi_0}{i_0}\right]t\right\}, \\ \frac{di}{dt} = ae^{-at}\left\{aC(E - \Pi_0) - 2i_0 + a\left[i_0 - aC(E - \Pi_0)\right]t\right\}. \end{cases} \tag{69}$$

[1]) Die Grössen C, L, W, E sind dieselben wie in den früheren Figuren; ebenso die Scala.

9. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle.** Der Kürze wegen soll die Bezeichnung

$$S = 1 - aC\frac{E-\Pi_0}{i_0} = 1 - \sqrt{\frac{C}{L}}\frac{E-\Pi_0}{i_0} \tag{70}$$

angewendet werden. Bei der Discussion des Systemes (69), unter Annahme allgemeiner Werthe von Π_0 und i_0, bieten sich folgende Fälle dar, welche sich denjenigen im Art. 5 anschliessen, indem auch zwei Grenzfälle mitgerechnet worden sind;

$$(A)\quad \begin{cases} \text{(a)} & E-\Pi_0>0; & i_0>0; & E-\Pi_0=\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S=0. \\ \text{(b)} & E-\Pi_0<0; & i_0<0; & E-\Pi_0=\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S=0. \\ \text{(c)} & E-\Pi_0<0; & i_0<0; & E-\Pi_0<\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S<0. \\ \text{(d)} & E-\Pi_0>0; & i_0>0; & E-\Pi_0>\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S<0. \end{cases}$$

$$(B)\quad \begin{cases} \text{(e)} & E-\Pi_0>0; & i_0>0; & 0<E-\Pi_0<\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S>0. \\ \text{(f)} & E-\Pi_0<0; & i_0<0; & 0>E-\Pi_0>\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 & \text{mit } S>0. \\ \text{(g)} & E-\Pi_0>0; & i_0<0; & & \text{mit } S>0. \\ \text{(h)} & E-\Pi_0<0; & i_0>0; & & \text{mit } S>0. \end{cases}$$

Der Hauptunterschied zwischen der Gruppe (A) und der Gruppe (B) ist derselbe wie im Art 5. In den Fällen der ersten Gruppe erreicht das Potential Π kein Maximum oder Minimum, und der Strom behält während der ganzen Ladungszeit dieselbe Richtung. In den Fällen der Gruppe (B) dagegen besitzt das Potential entweder ein Maximum oder ein Minimum und der Strom kehrt seinen Sinn in dem zugehörenden Zeitpunkte t_0. Es mögen jetzt die verschiedenen Fälle möglichst kurz nach einander discutirt werden, wobei die früheren Figuren noch zu gebrauchen sind, als den Vorgang schematisch veranschaulichend.

Der Fall (a). (Fig. 4). In diesem Falle, welcher ein Grenzfall zwischen (d) und (c) ist, vereinfachen sich die Formeln (69) folgenderweise:

$$\begin{cases} \Pi = E - (E-\Pi_0)\,e^{-at}, \\ i = i_0\,e^{-at}, \\ \frac{di}{dt} = -\frac{1}{\sqrt{LC}}\,i_0\,e^{-at}. \end{cases} \tag{71}$$

Das Potential Π wächst beständig, von Π_0 zu E. Die Stromstärke i nimmt ab, von i_0 zu Null. Die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{di}{dt}$ hat während der

ganzen Ladungszeit dieselbe Richtung wie E und nimmt ab, von dem Anfangswerthe $\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0$ zu Null.

Der Fall (b). (Fig. 5.) In diesem Falle, welcher die Grenze zwischen (c) und (f) bildet, gelten die Formeln (71) fortwährend. Das Potential Π nimmt beständig ab, und zwar von Π_0 zu E. Der Strom hat die Richtung gegen E und sein numerischer Werth nimmt von $|i_0|$ zu Null ab. Die induktionselektromotorische Kraft ist stets gegen E gerichtet und nimmt zu, von $\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0$ zu Null.

Der Fall (c). (Fig. 6 und 8). Das Potential Π nimmt, von dem Werthe Π_0, welcher positiv und grösser als E ist, anfangend, beständig ab und erreicht für $t = \infty$ den Werth E. Die Potentialcurve besitzt keinen Inflexionspunkt, wenn die Bedingung

$$\Pi_0 - E < -2\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 = -W i_0 \tag{c'}$$

erfüllt ist, dagegen hat sie einen Inflexionspunkt, wenn die Ungleicheit

$$\Pi_0 - E > -2\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 = -W i_0 \tag{c''}$$

besteht, und zwar gehört zu diesem Punkte die Abscisse

$$t_1 = \sqrt{LC}\, \frac{\Pi_0 - E + 2 i_0 \sqrt{\frac{L}{C}}}{\Pi_0 - E + i_0 \sqrt{\frac{L}{C}}}. \tag{72}$$

Der Strom hat in den beiden Fällen (c') und (c'') die entgegengesetzte Richtung gegen E. Er fängt mit dem negativen Werthe i_0 an und wächst in dem Falle (c') in algebraischem Sinne, bisdem er für $t = \infty$ Null wird. In dem Falle (c'') dagegen nimmt die Stromstärke zuerst algebraisch ab, erreicht zur Zeit t_1 das Minimum

$$i_{\min} = -e^{-\alpha t_1}\left\{ i_0 + \sqrt{\frac{C}{L}}(\Pi_0 - E)\right\} \tag{73}$$

und wächst dann zu Null, welcher Werth sich für $t = \infty$ ergiebt.

Die induktionselektromotorische Kraft hat in dem Falle (c') immer die entgegengesetzte Richtung zu E und nimmt ab, von dem ursprünglichen Werthe

$$2\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 + \Pi_0 - E \tag{74}$$

zu Null [1]). In dem Falle (c'') ist diese Kraft zuerst positiv, d. h. gleichgerichtet mit

[1]) Damit Fig. 6 die Änderungen von Π, i und $\frac{di}{dt}$ dem Sinne nach richtig darstelle, ist das Maximum bei der Curve für $\frac{di}{dt}$ als nicht vorhanden zu denken.

E, nimmt ab, ändert Richtung zur Zeit t_1, erreicht ein negatives Minimum und wächst zu Null.

Der Fall (d). (Fig. 7 und 9). Man hat zu unterscheiden zwischen dem Falle, in welchem

$$E - \Pi_0 < 2\sqrt{\frac{L}{C}}i_0 - Wi_0 \tag{d'}$$

und dem Falle, in welchem

$$E - \Pi_0 > 2\sqrt{\frac{L}{C}}i_0 - Wi_0 \tag{d''}$$

ist.

Wenn die Bedingung (d') erfüllt ist, so wächst das Potential Π beständig, und zwar von Π_0 zu E. Der Strom ist mit E gleichgerichtet und seine Stärke nimmt fortwährend ab, von i_0 zu Null. Die elektromotorische Kraft der Induktion hat die Richtung von E und nimmt ab, von

$$2\sqrt{\frac{L}{C}}i_0 - (E - \Pi_0) \tag{75}$$

zu Null.[1])

Ist die Bedingung (d'') erfüllt, so wächst das Potential Π von Π_0 zu E, wie im Falle (d'). Die Stromstärke wächst von dem Anfangswerthe i_0 zu dem zur Zeit

$$t_1 = \sqrt{LC}\,\frac{E - \Pi_0 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}i_0}{E - \Pi_0 - \sqrt{\frac{L}{C}}i_0}. \tag{76}$$

gehörenden Maximum

$$i_{\max} = e^{-\alpha t_1}\left\{\sqrt{\frac{C}{L}}(E - \Pi_0) - i_0\right\}, \tag{77}$$

und nimmt dann wieder ab, bisdem sie für $t = \infty$ auf Null gesunken ist. Der Abscisse t_1 entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve. Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat zuerst die Richtung gegen E, nimmt zu, wird Null für $t = t_1$, wächst, erreicht ein positives Maximum und fällt dann wieder auf Null.

Der Fall (e). (Fig. 10). Das Potential Π, welches mit Π_0 anfängt, wächst zu dem zur Zeit

$$t_0 = \frac{1}{\alpha S} = \frac{L i_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}i_0 - (E - \Pi_0)} \tag{78}$$

sich ergebenden Maximum

[1]) Das in Fig. 7 für $t = t_2$ vorkommende Minimum von $\frac{di}{dt}$ ist hier als nicht vorhanden zu denken.

$$\Pi_{\max} = E + e^{-\alpha t_0}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 - (E - \Pi_0)\right\}, \tag{79}$$

nimmt alsdann ab und erreicht für $t = \infty$ den Werth E. Dem Zeitpunkte

$$t_1 = \sqrt{LC}\,\frac{2\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 - (E - \Pi_0)}{\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 - (E - \Pi_0)} \tag{80}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Stromstärke i nimmt, von i_0 anfangend, zuerst ab, wird Null für $t = t_0$, alsdann negativ und erreicht zur Zeit t_1 das Minimum

$$i_{\min} = -e^{-\alpha t_1}\left\{i_0 - \sqrt{\frac{C}{L}}(E - \Pi_0)\right\}. \tag{81}$$

wächst sodann in algebraischem Sinne und nimmt nach unendlich langer Zeit den Werth Null an.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat während des Intervalles $0 \cdot\cdot t_1$ die Richtung von E, während der übrigen Zeit die entgegengesetzte Richtung. In dem letzteren Intervalle liegt ein negatives Minimum.

Der Fall (f). (Fig. 11). Mit dem positiven Werthe Π_0 anfangend nimmt Π zuerst ab, bis zu dem zur Zeit

$$t_0 = \frac{1}{\alpha S} = \frac{-L\, i_0}{E - \Pi_0 - \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0} \tag{82}$$

gehörenden Minimum

$$\Pi_{\min} = E - e^{-\alpha t_0}\left\{E - \Pi_0 - \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0\right\}, \tag{83}$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe E. Die Π-Curve hat einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$t_1 = \sqrt{LC}\,\frac{E - \Pi_0 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0}{E - \Pi_0 - \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0}. \tag{84}$$

Die Stromstärke i, welche für $t = 0$ negativ und gleich i_0 ist, wächst zuerst in algebraischem Sinne, wird Null für $t = t_0$, nimmt jetzt die Richtung von E an, wächst ferner, erreicht zur Zeit t_1 das Maximum

$$i_{\max} = e^{-\alpha t_1}\left\{\sqrt{\frac{C}{L}}(E - \Pi_0) - i_0\right\} \tag{85}$$

und sinkt in dem darauf folgenden unendlich langen Zeitintervalle auf Null.

Die induktionselektromotorische Kraft kehrt zur Zeit t_1 ihren Sinn und zwar so, dass sie nachher den gleichen Sinn mit E hat. In dem Intervalle zwischen t_1 und ∞ liegt ein Maximum der Kraft.

Der Fall (g). (Fig. 12). Dieser Fall ist unwesentlich von dem Falle (f) verschieden. Es gilt in Bezug hierauf wörtlich das auf p. 24 und 25 über die aperiodische Ladung in den Fällen (f) und (g) angeführte, nur mit dem Unterschiede, dass die ebenda gegebene Ungleichheit (48) jetzt mit

$$t_0 < \frac{1}{a}\log\frac{E-\Pi_0-\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0}{E} \tag{86}$$

ersetzt wird.

Der Fall (h). (Fig. 13). Dieser Fall steht in genau derselben Verbindung mit dem Falle (e) wie bei der auf p. 25 untersuchten aperiodischen Ladung, weshalb es hier mit einem Hinweis darauf genügen möge.

10. **Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** (Fig. 14). Mit der im Art. 6 betrachteten Specialisirung, bei welcher zwischen Π_0 und i_0 die Abhängigkeit

$$E-\Pi_0 = Wi_0$$

besteht, ergiebt sich statt (69) als Formelsystem in dem Uebergangsfalle

$$\left|\begin{array}{l} \Pi = E-\left(E-\Pi_0\right)\left(1+\frac{1}{2}at\right)e^{-at}, \\ i = i_0\left(1+at\right)e^{-at}, \\ \frac{di}{dt} = -\frac{i_0}{LC}t\,e^{-at}. \end{array}\right. \tag{87}$$

Die das Potential Π darstellende Curve fängt an mit ihrem Inflexionspunkte. Π wächst beständig, von Π_0 zu E. Der Strom behält während der ganzen Ladungszeit die positive Richtung, seine Stärke nimmt von i_0 zu Null ab. Die elektromotorische Kraft der Induktion, $-L\frac{di}{dt}$, fängt an mit dem Werthe Null, wächst, erreicht zur Zeit

$$t_2 = \frac{1}{a} = \sqrt{LC} \tag{88}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{e}\sqrt{\frac{L}{C}}\,i_0 = 0.18394\,Wi_0, \tag{89}$$

nimmt dann ab und wird gleich Null für $t=\infty$.

11. **Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** (Fig. 15). Mit den im Art. 7 betrachteten Anfangswerthen, für $t=0$,

$$\Pi_0=0\,;\quad i_0=0$$

erhält man aus (69) das System

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E\left\{1-(1+at)\,e^{-at}\right\},\\ i &= \frac{E}{L}\,t\,e^{-at},\\ \frac{di}{dt} &= \frac{E}{L}(1-at)\,e^{-at}. \end{aligned}\right. \tag{90}$$

Die Potentialcurve fängt jetzt mit einem Minimum an und Π wächst von Null zu E, welcher Werth sich für $t=\infty$ ergiebt. Ein Inflexionspunkt der Π-Curve kommt vor zur Zeit

$$t_1=\frac{1}{a}=\sqrt{LC}. \tag{91}$$

Der Strom hat stets die positive Richtung und seine Stärke nimmt zuerst zu, von Null zu dem der Zeit t_1 entsprechenden Maximum

$$i_{\max}=\frac{1}{e}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E=0.73576\,\frac{E}{W}, \tag{92}$$

und sinkt dann in unendlich langer Zeit auf Null zurück. Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ fängt mit dem Werthe $-E$ an, wächst algebraisch, wird Null für $t=t_1$, ändert ihren Sinn, wächst weiter, erreicht zur Zeit $t=2t_1=2\sqrt{LC}$ das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{E}{e^2}=0.13534\,E, \tag{93}$$

und fällt dann zu Null, welcher Werth für $t=\infty$ angenommen wird.

12. **Periodische Ladung.** Wenn die Bedingung

$$a^2-b<0,\quad \text{d. h.}\quad W<2\sqrt{\frac{L}{C}}, \tag{94}$$

erfüllt ist, so hat die Ladung des Condensators einen periodischen (oscillirenden) Charakter.[1])

Das allgemeine Integral der Differentialgleichung (12) ist jetzt

$$\Pi=E\left\{1-e^{-at}\left(A\cos\sqrt{b-a^2}\,t+B\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right)\right\}. \tag{95}$$

[1]) Mit dem gebräuchlichen Namen „periodisch“ ist hier nicht periodisch im Sinne der Mathematik zu verstehen, wobei dieselben Functionswerthe nach bestimmten Intervallen zurückkehren, sondern nur oscillirend, mit oder ohne abnehmender Amplitude.

Hieraus folgt

$$(96)\qquad i = C\frac{d\Pi}{dt} = CEe^{-at}\left\{\left(Aa - B\sqrt{b-a^2}\right)\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \left(Ba + A\sqrt{b-a^2}\right)\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\},$$

und nach gehöriger Constantenbestimmung, so dass für $t=0$, $\Pi=\Pi_0$ und $i=i_0$ wird, erhält man das System

$$(97)\qquad \begin{cases} \Pi = E - e^{-at}\left\{(E-\Pi_0)\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\left[a(E-\Pi_0) - \dfrac{i_0}{C}\right]\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ i = e^{-at}\left\{i_0\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\left[\dfrac{E-\Pi_0}{L} - a\,i_0\right]\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = e^{-at}\left\{\left[\dfrac{E-\Pi_0}{L} - 2a\,i_0\right]\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\left[\dfrac{a(E-\Pi_0)}{L} + (b-2a^2)\,i_0\right]\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

Zur Vereinfachung setzt man

$$(98)\qquad \beta = \sqrt{b-a^2};$$

$$(99)\qquad N = \sqrt{(E-\Pi_0)^2 - W i_0 (E-\Pi_0) + bL^2 i_0^2};$$

$$(100)\qquad \begin{cases} \sin\varphi = \sqrt{\dfrac{L}{C}}\,\dfrac{aC(E-\Pi_0) - i_0}{N}, \\ \cos\varphi = \sqrt{LC}\,\dfrac{\sqrt{b-a^2}\,(E-\Pi_0)}{N}; \end{cases}$$

$$(101)\qquad \begin{cases} \sin\psi = \dfrac{\sqrt{b-a^2}\,L\,i_0}{N}, \\ \cos\psi = \dfrac{E-\Pi_0 - \frac{1}{2}W i_0}{N}; \end{cases}$$

$$(102)\qquad \begin{cases} \sin o = \sqrt{LC}\,\dfrac{a(E-\Pi_0 - W i_0) + bL i_0}{N}, \\ \cos o = \sqrt{LC}\,\dfrac{\sqrt{b-a^2}\,(E-\Pi_0 - W i_0)}{N}; \end{cases}$$

und bekommt dabei das folgende Gleichungssystem

$$(103)\qquad \begin{cases} \Pi = E - (E-\Pi_0)\,e^{-at}\dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}, \\ i = i_0\,e^{-at}\dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E-\Pi_0 - W i_0}{L}\,e^{-at}\dfrac{\cos(\beta t + o)}{\cos o}. \end{cases}$$

13. **Allgemeine Discussion der periodischen Ladung.** Die Curven, welche Π, i und $\frac{di}{dt}$ darstellen, sind alle regelmässig gedämpfte Sinuslinien mit der Periode

$$(104)\qquad T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\sqrt{b-a^2}} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}}.$$

Auch das Dämpfungsverhältniss, womit das Verhältniss zwischen einer Amplitude und der nachfolgenden Amplitude verstanden werde, ist gemeinsam und gleich

$$k = e^{\alpha \frac{T}{2}} = e^{\pi \frac{\alpha}{\beta}} = e^{\frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4} \frac{C}{L} W^2}}}. \tag{105}$$

Hierzu gehört das logaritmische Decrement

$$\alpha = \log k = \alpha \frac{T}{2} = \pi \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4} \frac{C}{L} W^2}}. \tag{106}$$

Die Periode, das Dämpfungsverhältniss und das logaritmische Decrement der Schwingungen sind somit unabhängig von den Anfangsbedingungen.

Von den Anfangsbedingungen abhängig sind dagegen die Grösse der ersten Amplitude und die Phase der Schwingungen.

Die H-Curve besitzt wechselweise Maxima und Minima, mit einem gegenseitigen Abstande $\frac{T}{2}$. In den entsprechenden Zeitmomenten ist die Stromstärke gleich Null und der Strom ändert seine Richtung. Zwischen je zwei Extremen von H liegt ein Inflexionspunkt der Curve. Der Abstand von einem Inflexionspunkte zu dem folgenden beträgt $\frac{T}{2}$. Einem Inflexionspunkte entspricht ein Maximum des numerischen Werthes der Stromstärke; der Strom läuft im positiven oder negativen Sinne jenachdem der Inflexionspunkt sich in einem aufsteigenden oder absteigenden Theile der Curve befindet. Zur Zeit der Inflexionen ändert die induktionselektromotorische Kraft ihre Richtung, indem sie Null wird. Zwischen zwei Nullwerthen liegt ein Maximum des absoluten Werthes der Kraft. Diese Maxima sollen jedoch nicht näher bestimmt werden, obgleich es mit keinen Schwierigkeiten verbunden wäre.

Aus den Formeln (100), (101), (102) leitet man ab

$$\begin{cases} \sin(\theta - \psi) = \sin(\psi + \varphi) = \alpha \sqrt{LC} = \frac{1}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}}, \\ \cos(\theta - \psi) = \cos(\psi + \varphi) = \sqrt{b - \alpha^2}\sqrt{LC} = \sqrt{1 - \frac{1}{4} W^2 \frac{C}{L}}. \end{cases} \tag{107}$$

Zwischen den drei Grössen φ, ψ und θ besteht somit die Relation

$$\theta - \psi = \psi + \varphi \tag{108}$$

oder

$$2\psi = \theta - \varphi, \tag{109}$$

entweder bis auf einen Multipel von 2π, oder genau, bei angemessener Wahl von φ, ψ und θ.

Was die Phasen vom Potential, Strom und induktionselektromotorischer Kraft betrifft, so eilt der Strom dem Potentiale voraus mit der Phasendifferenz $\frac{1}{\beta}\left\{\varphi-\psi+\frac{\pi}{2}\right\}$ der Extreme, und der induktionselektromotorischen Kraft voraus mit der Phasendifferenz $\frac{1}{\beta}\left\{\psi-\varphi+\frac{\pi}{2}\right\}$.

Für eine mehr eingehende Discussion der periodischen Ladung hat man folgende Specialfälle ins Auge zu fassen:

(a) $E-\Pi_0>0;\quad i_0>0;\quad E-\Pi_0>Wi_0;$

(b) $E-\Pi_0>0;\quad i_0>0;\quad Wi_0>E-\Pi_0>\frac{1}{2}Wi_0;$

(c) $E-\Pi_0>0;\quad i_0>0;\quad \frac{1}{2}Wi_0>E-\Pi_0;$

(d) $E-\Pi_0<0;\quad i_0<0;\quad E-\Pi_0<Wi_0;$

(e) $E-\Pi_0<0;\quad i_0<0;\quad Wi_0<E-\Pi_0<\frac{1}{2}Wi_0;$

(f) $E-\Pi_0<0;\quad i_0<0;\quad \frac{1}{2}Wi_0<E-\Pi_0;$

(g) $E-\Pi_0>0;\quad i_0<0;$

(h) $E-\Pi_0<0;\quad i_0>0.$

Der Fall (a). In diesem Falle ist

(110) $$-\frac{\pi}{2}<\varphi<\frac{\pi}{2};\qquad 0<\psi<\varphi<\frac{\pi}{2}.$$

Für $t=0$ ist $\Pi=\Pi_0$ und entweder positiv, gelegen zwischen 0 und E oder negativ; $\frac{d\Pi}{dt}$ ist positiv und $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ positiv. Die Π-Curve kehrt somit anfangs ihre konvexe Seite nach unten. Nach $t=0$ folgt zuerst ein Inflexionspunkt und dann ein Maximum (Fig. 16). Die Maxima von Π ergeben sich zu den Zeiten

(111) $$t'=\left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}\qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots)$$

und haben die Werthe

(112) $$\Pi_{\max}=E+\sqrt{(E-\Pi_0)^2-Wi_0(E-\Pi_0)+bL^2i_0^2}\,e^{-\alpha\left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}=$$
$$=E+Nk^{-\left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)};$$

die Minima von Π zu den Zeiten

(113) $$t''=\left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}\qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

mit den Werthen

(114) $$\Pi_{\min}=E-\sqrt{(E-\Pi_0)^2-Wi_0(E-\Pi_0)+bL^2i_0^2}\,e^{-\alpha\left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}$$
$$=E-Nk^{-\left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)}.$$

Die Inflexionspunkte mit der grössten positiven Stromstärke kommen vor zu den Zeiten

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{115}$$

und zwar ist

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\, N e^{-\alpha\left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2}}; \tag{116}$$

die Inflexionspunkte mit der grössten negativen Stromstärke ergeben sich für

$$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{117}$$

und man hat

$$i_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}}\, N e^{-\alpha\left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2}}. \tag{118}$$

Der Fall (b). Es ist jetzt

$$-\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}; \qquad 0 < \psi < \frac{\pi}{2} < \theta < \pi. \tag{119}$$

Nach $t = 0$ folgt bei der H-Curve zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w.

Für die Zeitpunkte t' und t'' der Maxima und Minima von H bezw., sowie für die Werthe dieser Maxima und Minima gelten genau dieselben Ausdrücke wie im Falle (a). Dagegen bekommt man

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{120}$$

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\, N e^{-\alpha\left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{121}$$

und $t^{(4)}$, $i_{\min}$ wie im Falle (a).

Der Fall (c). In diesem Falle bestehen die Ungleichheiten

$$-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0; \qquad \frac{\pi}{2} < \psi < \pi; \qquad \frac{\pi}{2} < \theta < 3\frac{\pi}{2}; \qquad \theta > \psi; \tag{122}$$

Die H-Curve fängt in derselben Weise wie in dem Falle (b) an. Für t', t'', $H_{\max}$ und $H_{\min}$ gelten genau die unter (a) gefundenen Ausdrücke, für t''', $t^{(4)}$, $i_{\max}$ und $i_{\min}$ die unter (b) erhaltenen Werthe.

Der Fall (d). Man hat in diesem Falle

$$-\frac{3\pi}{2} < \varphi < -\frac{\pi}{2}; \qquad \pi < \psi < \theta < 3\frac{\pi}{2}. \tag{123}$$

Nach $t = 0$ kommt bei der H-Curve zuerst ein Inflexionspunkt, dann ein Minimum, ein Inflexionspunkt, ein Maximum u. s. w. Die Maxima von H ergeben sich für

(124) $$t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots),$$

die Minima von Π für

(125) $$t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots).$$

Die Ausdrücke für Π_{max} und Π_{min} sind dieselben wie in dem Falle (a). Ebenso verhält es sich mit den Werthen von i_{max} und i_{min}. Man hat

(126) $$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots),$$

(127) $$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots).$$

Der Fall (e). Aus den Ausdrücken (100)··(102) folgt jetzt

(128) $$-3\frac{\pi}{2} < \varphi < -\frac{\pi}{2}: \qquad \pi < \psi < 3\frac{\pi}{2} < \sigma < 2\pi.$$

Die Π-Curve fängt so an, dass nach $t = 0$ zuerst ein Minimum, dann ein Inflexionspunkt, ein Maximum u. s. w. kommt. Für t' und t'' gelten die Ausdrücke in dem Falle (d). Ebenso in Bezug auf t'''; dagegen hat man jetzt

(129) $$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 2, 3, 4\cdots).$$

Der Fall (f). Es ist in diesem Falle

(130) $$-3\frac{\pi}{2} < \varphi < -\pi; \quad 3\frac{\pi}{2} < \psi < 2\pi; \quad 3\frac{\pi}{2} < \sigma < 5\frac{\pi}{2}; \quad \sigma > \psi.$$

Die Π-Curve fängt in derselben Weise wie im Falle (e) an. Auch gelten jetzt die zu (e) gehörenden Ausdrücke für t', t'', t''', $t^{(4)}$, Π_{max}, Π_{min}, i_{max} und i_{min}.

Der Fall (g). Es ist

(131) $$-2\pi < \varphi < -3\frac{\pi}{2}: \quad 3\frac{\pi}{2} < \psi < 2\pi; \quad 3\frac{\pi}{2} < \sigma < 5\frac{\pi}{2}; \quad \sigma > \psi.$$

Die Π-Curve fängt in derselben Weise wie in den Fällen (e) und (f) an, d. h. nach $t = 0$ kommt zuerst ein Minimum, dann ein Inflexionspunkt, ein Maximum u. s. w. Die zu (e) gehörenden Ausdrücke des grössten und kleinsten Potentials, der grössten und kleinsten Stromstärke, sowie der Zeiten, zu welchen die extremen Werthe erreicht werden, erleiden hier keine Veränderung.

Der Fall (h). In diesem letzten Falle hat man

(132) $$-\pi < \varphi < -\frac{\pi}{2}; \quad \frac{\pi}{2} < \psi < \pi; \quad \frac{\pi}{2} < \sigma < 3\frac{\pi}{2}; \quad \sigma > \psi.$$

Im Anfang der Π-Curve folgt nach $t = 0$ zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Wie im Falle (a) hat man

(133) $$t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots),$$

(134) $$t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots)$$

mit den entsprechenden Werthen von $\Pi_{\max}$ und $\Pi_{\min}$, ferner wie im Falle (b)

(135) $$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots),$$

(136) $$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots)$$

mit den zugehörenden Werthen von $i_{\max}$ und $i_{\min}$.

Die Fig. 16 veranschaulicht die Art, in welcher die Π-Curve in den verschiedenen Fällen anfängt.

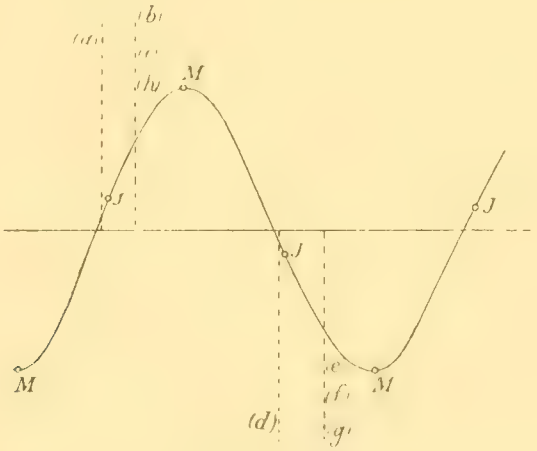


Fig. 16.

14. **Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Wenn die experimentelle Anordnung die in Fig. 1 veranschaulichte ist, so hat man

(137) $$\begin{gathered} E - \Pi_0 > 0\,; \qquad i_0 > 0\,; \\ E - \Pi_0 = W i_0\,, \end{gathered}$$

und es handelt sich um den Grenzfall, welcher den Uebergang zwischen den Fällen (a) und (b) (pag. 38) bildet. Es vereinfachen sich die Ausdrücke (98)···(102) und die Formeln (103) folgenderweise:

(138) $$\beta = \sqrt{b - a^2}\,,$$

(139) $$N = \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0\,,$$

(140) $$\sin\varphi = -\left(1 - \frac{1}{2} W^2 \frac{C}{L}\right); \qquad \cos\varphi = \beta W C\,;$$

(141) $$\sin\psi = \beta\sqrt{LC}\,; \qquad \cos\psi = \frac{1}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}}\,;$$

(142) $$\sin\sigma = 1\,; \qquad \cos\sigma = 0\,;$$

somit ist

$$(143) \qquad -\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}; \qquad \sigma = \frac{\pi}{2}; \qquad 2\psi = \frac{\pi}{2} - \varphi; \qquad 0 < \psi < \frac{\pi}{2}.$$

Ferner erhält man

$$(144) \qquad \begin{cases} \Pi = E - \dfrac{(E-\Pi_0)}{\beta WC} e^{-\alpha t} \sin(\beta t + 2\psi), \\ i = \dfrac{i_0}{\beta\sqrt{LC}} e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \psi), \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{i_0}{\beta LC} e^{-\alpha t} \sin \beta t. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt an mit einem Inflexionspunkte, dann folgt ein Maximum, ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Zu den Zeiten

$$(145) \qquad t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

ergeben sich die Maxima

$$(146) \qquad \Pi_{\max} = E + \frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0) e^{-\alpha\left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}},$$

zu den Zeiten

$$(147) \qquad t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots)$$

die Minima

$$(148) \qquad \Pi_{\min} = E - \frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0) e^{-\alpha\left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}.$$

Die positive Stromstärke ist am grössten zu den Zeiten

$$(149) \qquad t''' = n\,T \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

und zwar hat man

$$(150) \qquad i_{\max} = i_0 e^{-\alpha n T};$$

in negativer Richtung ist der Strom am stärksten zu den Zeiten

$$(151) \qquad t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots)$$

und es ergiebt sich

$$(152) \qquad i_{\min} = -i_0 e^{-\alpha\left(2n-\frac{1}{2}\right)\frac{T}{2}}.$$

Es kann vorkommen, dass eine gewisse Anzahl der Werthe $\Pi_{\min}$, vom Anfang der Curve gerechnet, negativ sind. Als Bedingung dafür, dass die n ersten dieser Werthe negativ seien, findet man aus dem Ausdrucke (148)

$$(153) \qquad \frac{1}{\alpha T}\log\left\{\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{E-\Pi_0}{E}\right\} + \frac{\psi}{2\pi} > n.$$

Die Schwingungen verlaufen um eine geradlinige Achse in dem Abstande E von der Achse der Abscissen. Die Schwingungsachse wird zu den Zeiten

$$t^{(5)} = \left(n - 2\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{154}$$

von der Schwingungscurve geschnitten. Zu diesen Zeiten ist also das Potential Π gleich E.

Um auch die extremen Werthe von $-L\frac{di}{dt}$ zu berechnen, bildet man die Gl.

$$\frac{d^2i}{dt^2} = \frac{i_0}{LC}\frac{1}{\beta\sqrt{LC}}e^{-at}\sin(\beta t - \psi),$$

und erhält dann zu den Zeiten

$$t^{(6)} = \left(2n + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

die Maxima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0\, e^{-a\left(2n + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(7)} = \left(2n + 1 + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

die Minima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0\, e^{-a\left(2n + 1 + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}.$$

Die elektromotorische Kraft der Induktion ist Null für $t = t'''$ und $t = t^{(4)}$.

15. **Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Wenn die Anfangsbedingungen

$$\Pi_0 = 0; \qquad i_0 = 0 \tag{155}$$

sind, so handelt es sich um einen zwischen den Fällen (a) und (g) (pag. 38) gelegenen Grenzfall. Statt der Formelsysteme (97) $\cdots$ (103) treten dann die folgenden

$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1 - e^{-at}\dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}\right\}, \\ i = \dfrac{E}{L\beta}e^{-at}\sin\beta t, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-at}\dfrac{\cos(\beta t + \varphi)}{\cos\varphi}. \end{cases} \tag{156}$$

$$\beta = \sqrt{b - a^2}; \tag{138}$$

$$\sin\varphi = a\sqrt{LC} = \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{C}{L}}; \qquad \cos\varphi = \beta\sqrt{LC} = \sqrt{1 - \frac{1}{4}W^2\frac{C}{L}}. \tag{157}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{a}{\beta} = \frac{a}{\sqrt{b - a^2}}. \tag{158}$$

Die Π-Curve fängt jetzt mit einem Minimum an, indem sie im Anfangspunkt der Coordinaten die Achse der Abscissen berührt und nach unten konvex ist.

Die Maxima von Π entsprechen den Zeiten

$$t' = (2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{159}$$

und sind

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + e^{-\alpha\left(n+\frac{1}{2}\right)T}\right\} = E\left\{1 + k^{-(2n+1)}\right\}; \tag{160}$$

die Minima ergeben sich zu den Zeiten

$$t'' = 2n\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{161}$$

und haben die Werthe

$$\Pi_{\min} = E\left\{1 - e^{-\alpha n T}\right\} = E\left\{1 - k^{-2n}\right\}. \tag{162}$$

Negative Minima giebt es nicht.

Ferner folgt für die Extreme der Stromstärke

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{163}$$

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha\left(2n+\frac{1}{2}-\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}; \tag{164}$$

$$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{165}$$

$$i_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha\left(2n-\frac{1}{2}-\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}. \tag{166}$$

Die Schwingungsachse wird von der Schwingungscurve in den Punkten

$$t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots). \tag{167}$$

geschnitten.

Die Gl.

$$\frac{d^2 i}{dt^2} = -\frac{E}{L}\frac{1}{\beta LC}\, e^{-\alpha t}\sin(\beta t + 2\varphi)$$

ergiebt die Zeitpunkte, zu welchen $-L\frac{di}{dt}$ extreme Werthe besitzt. Den Abscissen

$$t^{(6)} = \left(2n + 1 - 2\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots),$$

entsprechen die Maxima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = E\, e^{-\alpha\left(2n+1-2\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}$$

und den Abscissen

$$t^{(7)} = \left(2n - 2\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots)$$

die Minima

$$\left(L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -E' = -\alpha\left(2n - 2\frac{T}{\pi}\right)\frac{T}{2}.$$

Zu den Zeiten t''' und $t^{(4)}$ ist die elektromotorische Kraft der Induktion gleich Null.

In Bezug auf Näheres über den jetzt betrachteten Fall sowie über die Vereinfachungen, welche sich ergeben, wenn der Widerstand W klein ist, mag auf die oben citirte Arbeit des Verf.: Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, Kap. II verwiesen werden.

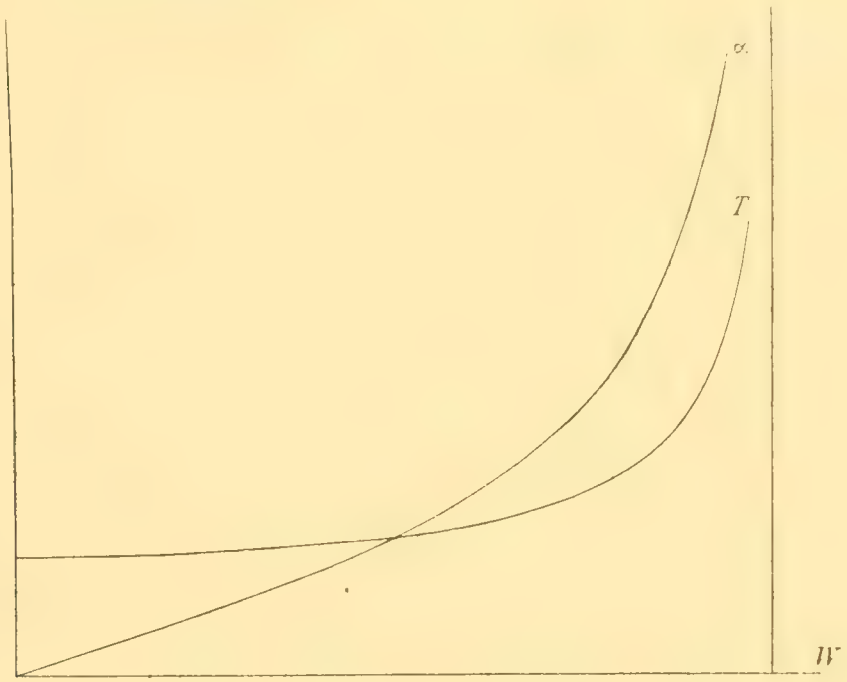


Fig. 17.

16. **Die Periode T als Function von W, C und L.** Wenn W klein im Verhältniss zu $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ist, so ist die Periode der Schwingungen

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}} \tag{104}$$

fast unabhängig von dem Widerstande W. Für grössere Werthe wächst T merkbar mit dem Widerstande, indem

$$\frac{\partial T}{\partial W} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{CW}{\left(1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}}} \tag{168}$$

stets positiv bleibt. Für den kritischen Werth des Widerstandes

$$W = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{169}$$

werden T und $\frac{\partial T}{\partial W}$ unendlich gross.

Die Ableitung von T in Bezug auf C ist

$$\frac{\partial T}{\partial C} = \pi \sqrt{\frac{L}{C}} \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}}}, \tag{170}$$

somit immer positiv; und T wächst stets mit wachsender Capacität. C befindet sich in dem Intervalle $0 < C < 4\frac{L}{W^2}$.

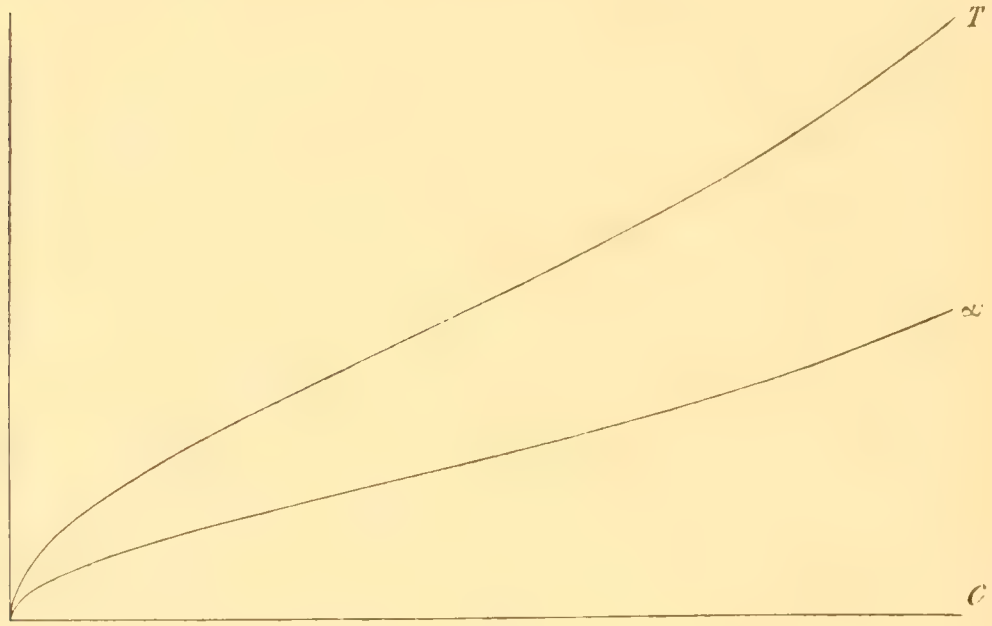


Fig. 18.

Um die Abhängigkeit zwischen T und L zu untersuchen, betrachtet man am einfachsten den Ausdruck

$$4\pi^2 C \frac{1}{T^2} = \frac{1}{L} - \frac{1}{4}\frac{CW^2}{L^2} \tag{171}$$

und bildet die Ableitungen

$$\left\{\begin{array}{l} 4\pi^2 C \dfrac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial L} = -\dfrac{1}{L^2} + \dfrac{1}{2}\dfrac{CW^2}{L^3}, \\ 4\pi^2 C \dfrac{\partial^2\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial L^2} = \dfrac{2}{L^3} - \dfrac{3}{2}\dfrac{CW^2}{L^4}. \end{array}\right. \tag{172}$$

Hieraus folgt, dass T in dem Intervalle von $L = \frac{1}{4} CW^2$ zu $L = \frac{1}{2} CW^2$ von ∞ anfangend immer abnimmt, am Ende des Intervalles das Minimum

(173) $$T_{\min} = 2\pi WC$$

erreicht[1]), alsdann zunimmt, für $L = \frac{3}{4} CW^2$ eine Inflexion zeigt, und für $L = \infty$ wieder unendlich gross wird.

Die mit T bezeichneten Curven in den Fig. 17, 18 und 19 stellen die Abhängigkeit zwischen T und je einer der Grössen W, C und L dar. Für die erste Curve (Fig. 17) wurde gewählt: $C = 1$ M. F.; $L = 1$ Henry; für die zweite (Fig. 18) $W =$ 200 Ohm; $L = 1$ Henry und für die dritte (Fig. 19) $W = 200$ Ohm., $C = 10$ M. F.[2]).

Fig. 19.

17. **Das logaritmische Decrement α als Function von W, C und L.** Das Decrement

(174) $$\alpha = \frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4} \frac{C}{L} W^2}}$$

[1]) Das Vorhandensein eines Minimums von T ist von Prof. A. F. Sundell bemerkt worden.

[2]) In Fig. 17 ist die Scala für W: 100 Ohm = 5 mm, für T: 1 Millisec. = 2.5 mm; in Fig. 18 hat man für C: 1 M.F. = 2 mm und für T: 1 Millisec. = 1 mm, endlich in Fig. 19 für L: 1 Henry = 2.5 cm und für T: 1 Millisec. = 1 mm.

hängt nur von der Verbindung $W\sqrt{\frac{C}{L}}$ ab. Es folgt durch Differentiation

$$\frac{\partial\alpha}{\partial\left(W\sqrt{\frac{C}{L}}\right)} = \frac{\pi}{2}\left(1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}} \tag{175}$$

und ferner

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\alpha}{\partial W} = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{C}{L}}\left(1-\dfrac{1}{4}\dfrac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}}, \\ \dfrac{\partial\alpha}{\partial C} = \dfrac{\pi}{4}\dfrac{W}{LC}\left(1-\dfrac{1}{4}\dfrac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}}, \\ \dfrac{\partial\alpha}{\partial L} = -\dfrac{\pi}{4}\dfrac{W}{L}\sqrt{\dfrac{C}{L}}\left(1-\dfrac{1}{4}\dfrac{C}{L}W^2\right)^{\frac{3}{2}}. \end{cases} \tag{176}$$

Diese Ausdrücke zeigen, dass das Decrement mit zunehmendem Widerstande immer wächst, mit zunehmender Capacität ebenfalls immer wächst und mit zunehmender Selbstinduktion immer abnimmt. Die mit α bezeichneten Curven in den Fig. 17, 18 und 19 veranschaulichen die Veränderlichkeit von α, für dieselben Werthe von W, C und L wie die früheren Curven für T.[1])

18. **Der Grenzfall** $L=0$. Wenn die Selbstinduktion des Stromkreises so klein ist, dass man ohne merkbaren Fehler L gleich Null setzen kann, so geht die Differentialgleichung (9) der Ladung des Condensators über in die Gleichung erster Ordnung

$$\frac{d\Pi}{dt}+\frac{1}{WC}\Pi=\frac{E}{WC} \tag{177}$$

mit der einzigen Anfangsbedingung $\Pi=\Pi_0$ für $t=0$. Als Lösung ergiebt sich jetzt

$$\begin{cases} \Pi = E-(E-\Pi_0)e^{-\frac{t}{WC}}, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E-\Pi_0}{W}e^{-\frac{t}{WC}}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E-\Pi_0}{CW^2}e^{-\frac{t}{WC}}. \end{cases} \tag{178}$$

und speciell für $\Pi_0=0$

$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-\frac{t}{WC}}\right\}, \\ i = \dfrac{E}{W}e^{-\frac{t}{WC}}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{CW^2}e^{-\frac{t}{WC}}. \end{cases} \tag{179}$$

[1]) Die Scala für α ist überall: $1{,}000=1$ cm.

Die Ladung ist aperiodisch und die Stromstärke fängt mit ihrem grössten Werthe an.

Die Entladungscurve ergiebt sich aus der Ladungscurve in der im Art. 3 beschriebenen Weise.

19. **Der Grenzfall** $W=0$. Wenn der Widerstand der Strombahn sehr klein ist, so nähert sich der Vorgang der Ladung zu folgendem theoretischen Grenzfalle. Setzt man in der Gl. (9) $W=0$, so ergiebt sich

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\frac{1}{LC}\Pi=\frac{E}{LC} \tag{180}$$

mit den Anfangsbedingungen $\Pi=\Pi_0$ und $i=i_0$ für $t=0$. Die Lösung geht unmittelbar aus (97) hervor und ist

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E-\left\{(E-\Pi_0)\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}-i_0\sqrt{\frac{L}{C}}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}\right\},\\ i &= i_0\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}+(E-\Pi_0)\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}},\\ \frac{di}{dt} &= \frac{E-\Pi_0}{L}\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}-i_0\frac{1}{\sqrt{LC}}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}. \end{aligned}\right. \tag{181}$$

Speciell hat man für $\Pi_0=0$, $i_0=0$ das System

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E\left\{1-\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}\right\},\\ i &= E\sqrt{\frac{C}{L}}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}},\\ \frac{di}{dt} &= \frac{E}{L}\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}. \end{aligned}\right. \tag{182}$$

Alle diese Gleichungen stellen ungedämpfte Schwingungen mit der Periode $T=2\pi\sqrt{LC}$ dar.

20. **Der Grenzfall** $C=\infty$. Als ein Grenzfall bei der obigen allgemeinen Untersuchung kann auch derjenige Fall erhalten werden, welcher dem Schliessen eines Stromkreises mit Selbstinduktion und elektromotorischer Kraft, aber ohne Capacität, entspricht. Alsdann ist $C=\infty$, damit in der Formel (10)

$$i=C\frac{d\Pi}{dt} \tag{10}$$

i einen endlichen Werth habe, obgleich $\frac{d\Pi}{dt}=0$ ist. Aus den Formeln (11), (25) und (27) ergiebt sich mit $\Pi_0=0$, $i_0=0$, $C=\infty$.

$$\lambda_1=2a=-\frac{W}{L};\quad \lambda_2=0; \tag{183}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}\right. \tag{184}$$

somit die bekannten Gleichungen für das aperiodische Anwachsen des Stromes beim Schliessen eines Selbstinduktion enthaltenden Stromkreises.

II. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem einem und ohne Selbstinduktion in dem anderen Zweige.

1. **Differentialgleichung der Ladung des Condensators.** Wenn der Stromkreis die in Fig. 20 dargestellte Anordnung hat, welche dadurch charakterisirt ist, dass dem mit Selbstinduktion versehenen Theile des Stromkreises (der Induktionsspule) ein induktionsfreier Nebenschluss parallel geschaltet ist, so ergeben sich mit Rücksicht auf die aus der Figur ersichtlichen Bezeichnungen folgende Gleichungen:

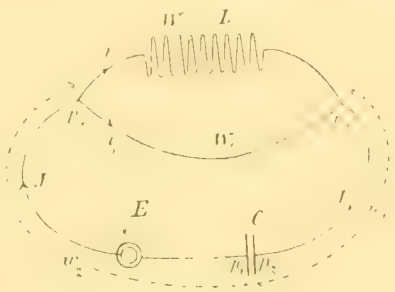


Fig. 20.

$$(1)\qquad \left|\begin{array}{l} p_4 - p_3 = L\dfrac{di}{dt} + iW, \\ p_4 - p_3 = i_1 W_1, \\ p_1 - p_4 + E = J w_2, \\ p_3 - p_2 = J w_1, \\ J = i + i_1, \\ J = C\dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{array}\right.$$

Zur Vereinfachung werde gesetzt

$$(2)\qquad w_1 + w_2 = W_2,$$

$$(3)\qquad p_2 - p_1 = \Pi; \qquad p_3 - p_4 = P.$$

Man erhält dann, indem man zugleich die dritte und vierte Gleichung zusammen addirt,

$$(4)\qquad \left|\begin{array}{l} P + L\dfrac{di}{dt} + iW = 0, \\ P + i_1 W_1 = 0, \\ \Pi - P - E + J W_2 = 0 \\ J = i + i_1, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt}. \end{array}\right.$$

Sind Π und P berechnet worden, so ergiebt sich einfach jede beliebige Differenz der Potentiale p_1, p_2, p_3 und p_4, so z. B.

$$P_3 = P_2 - \frac{W_1}{W_2}(P - \Pi - E),$$

$$P - P_4 = \frac{W_2}{W_1}(P - \Pi) - \frac{W_1}{W_2}E.$$

Es sollen jetzt die Stromstärken J, i und i_1 eliminirt werden. Aus der zweiten, vierten und fünften Gleichung (4) findet man

$$i = J - i_1 = C\frac{d\Pi}{dt} + \frac{P}{W_1},$$

ferner hieraus

$$\frac{di}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{1}{W_1}\frac{dP}{dt},$$

und beim Einsetzen dieser Ausdrücke in die erste Gleichung folgt

$$LC\frac{d^2\Pi}{dt^2} + WC\frac{d\Pi}{dt} + \frac{L}{W_1}\frac{dP}{dt} + \frac{W + W_1}{W_1}P = 0.$$

Die dritte und fünfte Gleichung geben

$$W_2C\frac{d\Pi}{dt} + \Pi - P = E.$$

Eliminirt man jetzt P und $\frac{dP}{dt}$ zwischen diesen beiden Gleichungen und der aus der letzteren abgeleiteten Gleichung

$$W_2C\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{d\Pi}{dt} - \frac{dP}{dt} = 0,$$

so ergiebt sich die folgende Differentialgleichung zweiter Ordnung für Π:

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{L} + \frac{1}{(W_1 + W_2)C}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{\Pi}{LC} = \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{E}{LC}. \tag{5}$$

Nachdem Π berechnet worden ist, folgt P aus der Gleichung

$$P = W_2C\frac{d\Pi}{dt} + \Pi - E. \tag{6}$$

Die Stromstärken im Hauptstromkreise und in den Zweigen sind bestimmt durch die Gleichungen

$$\begin{cases} J = C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i = \dfrac{W_1 + W_2}{W_1}C\dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{\Pi - E}{W_1}, \\ i_1 = -\dfrac{W_2}{W_1}C\dfrac{d\Pi}{dt} - \dfrac{\Pi - E}{W_1}. \end{cases} \tag{7}$$

Die Differentialgleichung (5) ist einfach zurückführbar auf die Differentialgleichung (9), I, somit auch die verzweigte Strombahn ersetzbar mit einer unver-

zweigten Bahn. Zu dem Zwecke nehme man, wenn L', C' und W' bezw. Selbstinduktion, Capacität und Widerstand der unverzweigten Bahn bezeichnen,

$$(8)\qquad \begin{cases} C' = C, \\ L' = \dfrac{W_1 + W_2}{W_1 + W} L, \\ W' = \dfrac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1 + W} + \dfrac{L}{C (W_1 + W)}, \\ W_y + \dfrac{L}{C (W_1 + W)}. \end{cases}$$

Es bedeutet hierbei

$$(9)\qquad W_y = \frac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1 + W} = W_2 + \frac{W_1 W}{W_1 + W}$$

den Gesammtwiderstand des Stromkreises zwischen den Condensatorbelegungen. Bemerkenswerth ist die Formel für L'. Es ist L' kleiner oder grösser als L, jenachdem W_2 kleiner oder grösser als W ist. Speciell hat man $L' = L$ für $W_2 = W$; andererseits sind L' und L auch gleich, wenn W_1 sehr gross im Verhältniss zu W und W_2 ist ($W_1 = \infty$). Bei der letzten Annahme hat man noch

$$(10)\qquad W' = W + W_2 + \frac{L}{C W_1}.$$

Dieser Fall wird untersucht in der Arbeit des Verf.: „Untersuchungen über elektrische Schwingungen", I und III, wobei W_1 durch die Leitungsfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionspule hineinkommt. Vorläufig werden wir uns aber zu dem allgemeinen Falle halten.

Mit den Bezeichnungen (8) ist die Differentialgleichung (5)

$$(11)\qquad \frac{d^2 \Pi}{dt^2} + \frac{W'}{L'} \frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{L'C} \Pi = \frac{1}{L'C} E,$$

und hat somit die Form (9), I. Zur Verkürzung werde gesetzt

$$(12)\qquad \begin{cases} 2a = \dfrac{W'}{L'} = \dfrac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1 + W_2} \dfrac{1}{L} + \dfrac{1}{C (W_1 + W_2)}, \\ b = \dfrac{1}{L'C} = \dfrac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \dfrac{1}{LC}. \end{cases}$$

Alsdann folgt die Form (12), I

$$(13)\qquad \frac{d^2 \Pi}{dt^2} + 2a \frac{d\Pi}{dt} + b (\Pi - E) = 0.$$

2. **Anfangsbedingungen.** Um Weitläufigkeiten zu vermeiden soll die Differentialgleichung (5) des Ladungsvorganges nicht unter ganz allgemeinen Anfangsbedingungen gelöst werden, wie es mit der Differentialgleichung (9), I geschah, sondern werden nur zwei specielle Fälle in Betracht gezogen, welche der in I

behandelten ersten und zweiten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen entsprechen.

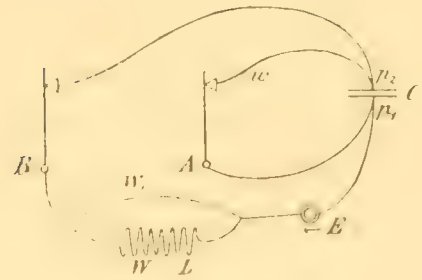


Fig. 21.

Die bei der ersten speciellen Wahl hervorgehende Anordnung ist in Fig. 21 schematisch dargestellt. In dem stationären Anfangszustande besitzt der Condensator das Potential

$$\Pi_0 = \frac{w}{W_y + w} E \tag{14}$$

und in dem Hauptkreise fliesst der Strom

$$J_0 = \frac{E}{W_y + w}. \tag{15}$$

Π_0 und J_0 können somit beliebige positive Werthe haben, sind aber mit dem Widerstande W_y des gesammten Stromkreises durch die Relation

$$E - \Pi_0 = W_y J_0 \tag{16}$$

verbunden.

Für die übrigen Anfangswerthe berechnet man aus den Gl. (7), (6) und (5)

$$\begin{cases} \frac{d\Pi}{dt} = \frac{J_0}{C} = \frac{E - \Pi_0}{W_y C}, \\ \frac{d^2\Pi}{dt^2} = -\frac{E - \Pi_0}{(W_1 + W_2) W_y C^2} \frac{1}{C} = -\frac{J_0}{(W_1 + W_2) C^2}. \end{cases} \tag{17}$$

$$\begin{cases} J - J_0 = \frac{E - \Pi_0}{W_y}, \\ \frac{dJ}{dt} = -\frac{J_0}{(W_1 + W_2) C} = -\frac{E - \Pi_0}{(W_1 + W_2) W_y C}. \end{cases} \tag{18}$$

$$\begin{cases} i = \frac{W_1}{W_1 + W} J_0, \\ \frac{di}{dt} = 0. \end{cases} \tag{19}$$

$$\begin{cases} i_1 = \frac{W}{W_1 + W} J_0, \\ \frac{di_1}{dt} = -\frac{E - \Pi_0}{(W_1 + W_2) W_y C} = -\frac{J_0}{(W_1 + W_2) C}. \end{cases} \tag{20}$$

Bei der zweiten speciellen Wahl hat der Stromkreis die in Fig. 20 veranschaulichte Anordnung. Das Bahnstück mit dem Widerstande W_2 ist offen und der Condensator ohne Ladung. Zur Zeit $t = 0$ wird die Bahn plötzlich hergestellt und die Ladung fängt an.[1]) Alsdann ist zur Zeit $t = 0$ $\Pi = 0$, ferner $i = 0$, indem die

[1]) Es giebt noch andere nahe liegende Anordnungen, den Vorgang anfangen zu lassen. So könnte z. B. statt des Bahnstückes W_2 das Bahnstück W oder das Bahnstück W_1 ursprünglich offen gehalten und zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen werden.

Selbstinduktion in dem Zweige W eine augenblickliche Ausbildung des Stromes verhindert. Man bekommt folgendes System von Anfangswerthen:

$$(21)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{(W_1 + W_2)\,C}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1^2 - \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2}\,\dfrac{E}{LC}. \end{cases}$$

$$(22)\qquad \begin{cases} J = \dfrac{E}{W_1 + W_2}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{W_1^2 - \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2}\,\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(23)\qquad \begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1 W_2}\,\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(24)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1 + W_2}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_1 W_2 + \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2}\,\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

3. **Beziehungen zwischen Ladung und Entladung.** Zwischen dem Ladungs- und dem Entladungsvorgange bestehen einfache Beziehungen, ähnlich den im Art. 3. I gefundenen. Die Differentialgleichung der Entladung eines Condensators durch die in Fig. 20 dargestellte Strombahn geht aus der Differentialgl. (5) hervor, indem E gleich Null gesetzt wird, und ist somit

$$(25)\qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\,\frac{1}{L} + \frac{1}{(W_1 + W_2)\,C}\right\}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\,\frac{\Pi}{LC} = 0.$$

Es sollen jetzt die auf die Entladung sich beziehenden Grössen mit einem Strich bezeichnet werden, die auf die Ladung sich beziehenden dagegen wie bisher. Es sei Π' die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (25), dann hat die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (5) die Form

$$(26)\qquad \Pi = E + A\Pi'.$$

Als Anfangsbedingungen bei der Ladung hat man bei der ersten speciellen Wahl (pag. 54), für $t = 0$,

$$(27)\qquad \Pi = \Pi_0: \quad \frac{d\Pi}{dt} = \frac{E - \Pi_0}{W_y C} = \frac{J_0}{C},$$

und bei der Entladung

$$(28)\qquad \Pi' = \Pi_0'; \quad \frac{d\Pi'}{dt} = \frac{J_0'}{C} = -\frac{\Pi_0'}{W_y C}.$$

Hieraus ergiebt sich für die Constante A der Werth

$$A = -\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'}, \tag{29}$$

und zwar befriedigt dieser Werth nicht nur die Gl. (26), sondern auch die abgeleitete Gleichung

$$\frac{d\Pi}{dt} = A \frac{d\Pi'}{dt}. \tag{30}$$

Man erhält somit

$$\Pi = E - \frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'} \Pi', \tag{31}$$

woraus wie im Art. 3, I hervorgeht, dass die Curve der Ladungspotentiale in der Weise aus der Curve der Entladungspotentiale entsteht, dass man zuerst die Ordinaten der letzteren Curve in dem Verhältniss $\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'}$ vergrössert und dann die so entstandene Curve in Bezug auf diejenige Gerade spiegelt, welche parallel der Achse der Abscissen, auf der positiven Seite und im dem Abstande $\frac{1}{2} E$ läuft.

Ohne Schwierigkeit leitet man noch die folgenden Beziehungen ab:

$$\left\{\begin{aligned} P &= -\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'} P', \\ J &= -\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'} J', \\ i &= -\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'} i', \\ i_1 &= -\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'} i_1', \end{aligned}\right. \tag{32}$$

welche alle eine Proportionalität in dem Verhältnisse $-\frac{E - \Pi_0}{\Pi_0'}$ zwischen den der Ladung und den der Entladung angehörenden Grössen ausdrücken.

Bei der zweiten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen (pag. 55) ist die Beziehung zwischen Ladung und Entladung noch einfacher. Man findet dann

$$\left\{\begin{aligned} \Pi &= E - \Pi', \\ P &= -P', \\ J &= -J', \\ i &= -i', \\ i_1 &= -i_1'. \end{aligned}\right. \tag{33}$$

d. h. die Potentiale Π und Π' werden durch Curven dargestellt, welche symmetrisch in Bezug auf die Gerade im Abstande $\frac{1}{2} E$ von der Achse der Abscissen liegen, während die übrigen Grössen paarweise gleich gross und entgegengesetzt gerichtet sind.

Es genügt nach dem in diesem Art. gefundenen bei der theoretischen Untersuchung die Ladung allein in Betracht zu ziehen, und es bietet keine weitere Schwierigkeit die für die Ladung gefundenen Resultate auf die Entladung zu beziehen. Ferner sind die obigen Ergebnisse unabhängig von dem Charakter der Ladung oder Entladung.

4. **Charakter der Ladung.** Indem die Diff.-Gl. (11) mit der Diff.-Gl. (9) I p. 12 verglichen wird, ergiebt es sich unmittelbar, dass die Ladung des Condensators aperiodisch ist, wenn der Bedingung

(34) $$W' > 2\sqrt{\frac{L'}{C}}$$

genügt wird, dagegen periodisch (oder oscillirend), wenn die Bedingung

(35) $$W' < 2\sqrt{\frac{L'}{C}}$$

erfüllt ist. Wenn die Relation

(36) $$W' = 2\sqrt{\frac{L'}{C}}$$

besteht, so handelt es sich um einen „Uebergangsfall" zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.

Indem man mittels (8) auf die ursprünglichen Bezeichnungen zurückgeht, bekommt man statt (36) die Relation

(37) $$WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \frac{L}{C} = 2\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Löst man diese Gleichung in Bezug auf $\sqrt{\frac{L}{C}}$ auf, so findet man die beiden immer positiven Wurzeln

(38) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} - W_1,$$

(39) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} + W_1.$$

Wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ kleiner als der Werth (38) oder grösser als der Werth (39) ist, so wird die Bedingung (34) erfüllt; liegt es dagegen zwischen den Werthen (38) und (39), so besteht die Ungleichheit (35). Hieraus folgt also: *Die Ladung des Condensators ist aperiodisch, wenn*

(40) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} - W_1,$$

oder

(41) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} + W_1$$

ist, periodisch, wenn

$$42) \qquad \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1<\sqrt{\frac{L}{C}}<\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}+W_1$$

ist. Es giebt somit zwei Arten von aperiodischer Ladung, deren Unterschiede im Folgenden näher hervorgehoben werden. Ebenso existiren zwei Uebergangsfälle, jenachdem die Relation (38) oder die Relation (39) erfüllt ist.

Die Bedingungen (40), (41) und (42) kommen in Betracht, wenn die Werthe der Widerstände W, W_1 und W_2 festgestellt sind und die Grösse $\frac{L}{C}$ nach und nach verändert wird. Andere Formen derselben Bedingungen ergeben sich, indem man die Gl. (37) in Bezug auf je eine der Grössen W, W_1 und W_2 auflöst. Nehmen wir zuerst die in Bezug auf W gelösten Bedingungen. Man hat aperiodische Ladung von der Art (A), falls

$$(43\,a) \quad (A) \qquad W>\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}-W_1W_2}}{W_1+W_2}-W^{(o)}$$

ist, und aperiodische Ladung von der Art (B), wenn

$$(43\,b) \quad (B) \qquad W<\frac{\frac{L}{C}-2W_1\sqrt{\frac{L}{C}-W_1W_2}}{W_1+W_2}=W^{(o)}$$

ist, ferner periodische Ladung, wenn die Ungleichheiten

$$(43\,c) \qquad \frac{\frac{L}{C}-2W_1\sqrt{\frac{L}{C}-W_1W_2}}{W_1+W_2}<W<\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}-W_1W_2}}{W_1+W_2}$$

bestehen. Alle diese drei Ladungsarten sind möglich nur wenn die Bedingung

$$(44) \qquad \frac{L}{C}>W_1\left(W_2+2\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$$

erfüllt ist. Hat man

$$(45) \qquad \begin{cases} \frac{L}{C}<W_1\left(W_2+2\sqrt{\frac{L}{C}}\right), \\ W_1W_2<\sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1+\sqrt{\frac{L}{C}}\right), \end{cases}$$

so existirt aperiodische Ladung von der Art (A), wenn W grösser als $W^{(o)}$ ist, und periodische Ladung, wenn W kleiner als $W^{(o)}$ ist. Hat man schliesslich

$$(46) \qquad W_1W_2>\sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1+\sqrt{\frac{L}{C}}\right),$$

so ergiebt sich für alle Werthe von W aperiodische Ladung von der Art (A).

Wenn die Bedingung (44) besteht, so hat man zwei Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung, und zwar wenn

(47 a) (A) $$W=\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W_2}{W_1+W_2},$$

oder

(47 b) (B) $$W=\frac{\frac{L}{C}-2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W_2}{W_1+W_2}$$

ist. Bestehen die Relationen (45), so hat man nur den einen Uebergangsfall

(48) (A) $$W=\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W_2}{W_1+W_2},$$

zwischen aperiodischer Ladung von der Art (A) und periodischer Ladung; und schliesslich giebt es bei Existenz der Bedingung (46) keinen Uebergangsfall mehr.

Betrachten wir jetzt in Bezug auf W_2 aufgelöste Bedingungen für die eine oder andere Ladungsart. Es existirt aperiodische Ladung von dem Typus (A), falls

(49 a) (A) $$W_2>\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W}{W_1+W}=W_2^{(o)}$$

ist, und aperiodische Ladung von dem Typus (B), wenn

(49 b) (B) $$W_2<\frac{\frac{L}{C}-2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W}{W_1+W}=W_2^{(u)}$$

ist. Periodische Ladung hat man für

(49 c) $$\frac{\frac{L}{C}-2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W}{W_1+W}<W_2<\frac{\frac{L}{C}+2W_1\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1W}{W_1+W}.$$

Damit alle drei Ladungsarten vorhanden seien, muss die Bedingung

(50) $$\frac{L}{C}>W_1\left(W+2\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$$

erfüllt sein. Hat man

(51) $$\begin{cases}\frac{L}{C}<W_1\left(W+2\sqrt{\frac{L}{C}}\right),\\ WW_1<\sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1+\sqrt{\frac{L}{C}}\right),\end{cases}$$

so giebt es aperiodische Ladung der Art (A) für $W_2>W_2^{(o)}$ und periodische Ladung für $W_2<W_2^{(o)}$. Ist die Ungleichheit

(52) $$WW_1 > \sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}\right)$$

befriedigt, so existirt für alle Werthe von W_2 nur aperiodische Ladung von dem Typus (A).

Bei Erfülltsein der Bedingung (50) ergeben sich die beiden Uebergangsfälle

(53 a) (A) $$W_2 = \frac{\frac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\frac{L}{C}} - W_1W}{W_1 + W},$$

(53 b) (B) $$W_2 = \frac{\frac{L}{C} - 2W_1\sqrt{\frac{L}{C}} - W_1W}{W_1 + W}.$$

Bestehen die Ungleichheiten (51), so bleibt nur der Uebergangsfall

(54) (A) $$W_2 = \frac{\frac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\frac{L}{C}} - W_1W}{W_1 + W}$$

übrig, und schliesslich giebt es bei Existenz der Bedingung (52) keine Uebergangsfälle mehr.

Zuletzt kommen nun die in Bezug auf W_1 aufgelösten Bedingungen für die verschiedenen Ladungsarten. Man hat aperiodische Ladung von dem Typus (A), falls

(55 a) (A) $$W_1 > \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}} = W_1^{(0)}$$

ist, aperiodische Ladung von dem Typus (B), wenn die Ungleichheit

(55 b) (B) $$W_1 < \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} = W_1^{(\alpha)}$$

erfüllt ist, und periodische Ladung, falls W_1 die Ungleichheiten

(55 c) $$\frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} < W_1 < \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

befriedigt. Nothwendige Bedingungen für die Existenz aller drei Ladungsarten sind

(56) $$\begin{cases} \frac{L}{C} > WW_2, \\ 2\sqrt{\frac{L}{C}} < W + W_2. \end{cases}$$

Wenn die Ungleichheit

(57) $$2\sqrt{\frac{L}{C}} > W + W_2$$

befriedigt ist, so ist die Ladung aperiodisch von dem Typus (B), falls

(58 a) (B) $$W_1 < \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

ist, und periodisch, falls

(58 b) $$W_1 > \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

ist. Ist die Bedingung

(59) $$\frac{L}{C} < WW_2$$

erfüllt, so giebt es nur aperiodische Ladung von dem Typus (A).

Bei Erfülltsein der Bedingungen (56) erhält man die beiden Uebergangsfälle

(60 a) (A) $$W_1 = \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}},$$

(60 b) (B) $$W_1 = \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}.$$

Gilt die Ungleichheit (57), so hat man nur den einen Uebergangsfall

(61) (B) $$W_1 = \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

zwischen aperiodischer Ladung von dem Typus (B) und periodischer Ladung. Bei Existenz der Relation (59) giebt es keine Uebergangsfälle mehr.

5. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Um eine eingehende Discussion der aperiodischen Ladung zu ermöglichen, sollen die Ausdrücke für H, J, i und i_1 sowie für die beiden ersten Ableitungen dieser Grössen in Bezug auf t aufgestellt werden. Es ergeben sich H, J und $\frac{dJ}{dt}$ unmittelbar aus den Formeln (24) im Art. 4, I p. 14, und die Ausdrücke für i, i_1 und deren Ableitungen folgen alsdann mittels der Formeln (7) im Art. 1, II p. 52. Jenachdem die erste oder zweite specielle

Wahl der Anfangsbedingungen in Betracht kommt, muss ein Unterschied gemacht werden, sowohl bei der Aufstellung der Formeln wie bei der Discussion. Für beide Fälle gemeinsam gelten die Bezeichnungen (siehe (12), II p. 53).

$$(62)\qquad \begin{cases} 2a = \dfrac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\dfrac{1}{L} + C\dfrac{1}{(W_1 + W_2)}, \\ 2c = \dfrac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\dfrac{1}{L} - \dfrac{1}{C(W_1 + W_2)}, \\ b = \dfrac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\dfrac{1}{LC}. \end{cases}$$

Bei der ersten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen ist

$$(63)\qquad E - \Pi_0 = W_g \cdot J_0 = \frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W} J_0,$$

und man erhält in der oben angegebenen Weise mit Anwendung der hyperbolischen Functionen die Systeme

$$(64)\qquad \begin{cases} \Pi = E - (E - \Pi_0)\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{1}{W_g C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E - \Pi_0}{C(W_1 + W_2)W_g}\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W_1 + W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(65)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1 + W} J_0\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1 + W_2}\dfrac{1}{LC} J_0\, e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t. \end{cases}$$

$$(66)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1 + W} J_0\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1 + W_2)C} J_0\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Macht man von den Bezeichnungen

$$(67)\qquad \lambda_1 = a + \sqrt{a^2-b}\,; \qquad \lambda_2 = a - \sqrt{a^2-b}$$

Gebrauch, so ersetzen sich diese Formelsysteme mit den folgenden Systemen

$$(68)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(69)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(70)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{W}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)C}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen, d. h. wenn man in Uebereinstimmung mit den Formeln (21) p. 55 für $t=0$

$$\Pi = 0$$

und

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{E}{C(W_1+W_2)}$$

hat, findet man die Formelsysteme

$$(71)\quad \begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}e^{-at}\left\{\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)+\dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(72)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(73)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1+W_2}Ee^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-\dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Ferner ergiebt sich mit den Bezeichnungen (67)

$$(74)\quad \begin{cases} \Pi = E\left\{1+\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt} = \frac{E}{W_1+W_2}\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} = -\frac{E}{W_1+W_2}\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(75)\quad \begin{cases} i = -\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{L}\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \frac{di}{dt} = \frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{L}\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(76)\quad \begin{cases} i_1 = \frac{1}{W_1+W_2}\frac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \frac{di_1}{dt} = -\frac{1}{W_1+W_2}\frac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Bevor die Discussion der aperiodischen Ladung aufgenommen wird, verdient noch der folgende Ausdruck der Constanten $2c$ hervorgehoben zu werden:

$$(77)\quad 2c = \frac{\left\{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}+W_1\right\}\left\{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1\right\}-\frac{L}{C}}{L(W_1+W_2)}.$$

Es ist aus diesem Ausdrucke ersichtlich, dass die Constante $2c$ positiv in dem Falle (A) ist, weil dann nach der Formel (40)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1$$

ist, und negativ in dem Falle (B) ist, indem dann nach der Formel (41)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}+W_1$$

ist.

6. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten in diesem Falle die Formelsysteme (64) bis (70), und die Constante c ist positiv.

Um zunächst das Potential Π zu untersuchen, setzt man

$$(78)\quad \frac{d\Pi}{dt} = 0$$

und bekommt dabei aus (68) die Gl.

$$(79) \qquad e^{(\lambda_1 - \lambda_2)t} = \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L}}.$$

In dem Quotienten rechts sind Zähler und Nenner negativ, wie es aus den ohne Schwierigkeit herzuleitenden Ausdrücken

$$(80) \qquad \begin{cases} \lambda_1 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L} = -c + \sqrt{c^2 - \left(\frac{W_1}{W_1 + W_2}\right)^2 \frac{1}{LC}}, \\ \lambda_2 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L} = -c - \sqrt{c^2 - \left(\frac{W_1}{W_1 + W_2}\right)^2 \frac{1}{LC}} \end{cases}$$

für ein positives c unmittelbar folgt. Weil $\lambda_1 > \lambda_2$ ist, so ist der Quotient in (79) somit positiv und kleiner als 1, und es existirt also keine positive Wurzel t der Gl. (78). Das Potential Π nimmt stetig zu, von dem Werthe Π_0, für $t = 0$, zu dem Werthe E, für $t = \infty$.

Setzt man

$$(81) \qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2} = 0,$$

so bekommt man die Gl.

$$(82) \qquad e^{(\lambda_1 - \lambda_2)t} = \frac{\lambda_1 \left\{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L} - \lambda_1\right\}}{\lambda_2 \left\{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L} - \lambda_2\right\}} = \frac{Z}{N}.$$

Es ist

$$Z - N \quad (\lambda_1 - \lambda_2)\left\{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{W_g}{L} - 2a\right\} = -\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{C(W_1 + W_2)}$$

negativ, somit der Quotient rechts in (82) kleiner als 1, und es existirt keine positive Wurzel der Gl. (81). Hieraus folgt, dass die Π-Curve keinen Inflexionspunkt hat; sie kehrt die ganze Zeit ihre konkave Seite nach der Achse der Abscissen.

Die Stromstärke J ist proportional $\frac{d\Pi}{dt}$. Der Strom J ist stets gerichtet in dem Sinne der elektromotorischen Kraft E und nimmt ab, von dem Anfangswerthe J_0 bis zu dem für $t = \infty$ eintretenden Werthe 0.

Zur Untersuchung der Stromstärke i_1, welche jetzt ausgeführt werden mag, indem i und $-L\frac{di}{dt}$ nachher in einem Zusammenhange genommen werden, setzt man

$$(83) \qquad \frac{di_1}{dt} = 0$$

und bekommt dann aus (70) die Gl.

$$e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}=\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}}. \tag{84}$$

Es hat diese Gl. eine reelle positive Wurzel t_2 nur wenn der Nenner $\lambda_2-\frac{W}{L}$ positiv ist. Um zu entscheiden, wann dies eintrifft, setzt man

$$2d=\frac{W_1W_2-WW_1-WW_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}+C\frac{1}{(W_1+W_2)} \tag{85}$$

und erhält

$$\begin{cases}\lambda_1-\frac{W}{L}=d+\sqrt{d^2+\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{L^2}\left(WW_2-\frac{L}{C}\right)},\\ \lambda_2-\frac{W}{L}=d-\sqrt{d^2+\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{L^2}\left(WW_2-\frac{L}{C}\right)}.\end{cases} \tag{86}$$

Es ist somit $\lambda_2-\frac{W}{L}$ positiv, wenn zugleich $d>0$ und $\frac{L}{C}>WW_2$ sind, d. h. hiezu muss in dem jetzt betrachteten Falle $\sqrt{\frac{L}{C}}$ kleiner als $\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1$ und grösser als $\sqrt{WW_2}$ sein, sowie die Ungleichheit

$$\frac{L}{C}+W_1W_2>W(W_1+W_2) \tag{87}$$

bestehen. Sind alle diese Bedingungen erfüllt, so nimmt i_1 von dem Anfangswerthe $\frac{W}{W_1+W}J_0$ zu dem zur Zeit

$$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}} \tag{88}$$

stattfindenden Minimum

$$(i_1)_{\min}=-\frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\,e^{-\alpha t_2} \tag{89}$$

ab, wächst dann und wird Null für $t=\infty$. Die Richtungsänderung von i_1 findet statt zur Zeit

$$\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_2\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_1\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}.$$

Wenn kein Minimum von i_1 existirt, so nimmt i_1 fortwährend ab, zwischen denselben Grenzwerthen wie oben, ohne Richtung zu ändern.

Das Potential P ist proportional i_1 und braucht deshalb nicht discutirt zu werden. Einem Minimum von i_1 entspricht ein Maximum von P.

Der Strom i hat unter allen Umständen dieselbe Richtung, nämlich diejenige von E. Sie nimmt in Stärke von dem Anfangswerthe $\frac{W_1}{W_1+W} J_0$ zu Null ab.

Die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ ist die ganze Zeit mit E gleichgerichtet. Sie wächst von dem Werthe Null, für $t=0$, zu dem für

$$t=t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \tag{90}$$

eintretenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{W_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-at_1}, \tag{91}$$

und nimmt dann bis zu dem Werthe Null ab, welcher $t=\infty$ entspricht.

Hiermit sind die hauptsächlichen Momente bei der aperiodischen Ladung in dem jetzt betrachteten Falle discutirt worden.

7. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle gelten dieselben Formelsysteme wie in dem Falle (A), jetzt ist aber die Constante c negativ.

Für die Untersuchung von Π setzt man wie im Falle (A)

$$\frac{d\Pi}{dt}=0 \tag{78}$$

und erhält die Gl. (79). Diese Gl. hat jetzt die positive reelle Wurzel

$$t_3=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}}{\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}}. \tag{92}$$

Das Potential Π nimmt von dem $t=0$ angehörenden Anfangswerthe Π_0 zu, erreicht zur Zeit t_3 das Maximum

$$\Pi_{\max}=E+\frac{W_1}{(W_1+W)W_g}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-at_3}, \tag{93}$$

und nimmt dann wieder ab, bisdem es für $t=\infty$ gleich E wird. Dem Zeitpunkte

$$t_4=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left\{\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right\}}{\lambda_2\left\{\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right\}}=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}} \tag{94}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve. In dem Vorhandensein des obigen Maximums von Π liegt der Hauptunterschied zwischen den Fällen (B) und (A).

Der Strom J fängt mit dem Werthe J_0 an, nimmt ab, ändert Richtung zur Zeit t_3, erreicht zur Zeit t_4 das negative Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}} e^{-at_4} \cdot J_0 \tag{95}$$

und wächst dann bis Null.

Für die Untersuchung von i_1 bemerkt man zuerst, dass die Gl. (84) in dem jetzt betrachteten Falle immer eine positive Wurzel $t = t_2$ besitzt, indem ja aus der Bedingung (41)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)} + W_1$$

das Erfülltsein der beiden Ungleichheiten

$$\frac{L}{C} > WW_2$$

und

$$\frac{L}{C} + W_1W_2 > W(W_1+W_2)$$

sich ergiebt. Die Stromstärke i_1 nimmt von demselben Anfangswerthe wie im Falle (A) ab bis zu dem Minimum

$$(i_1)_{\min} = -\frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\, e^{-at_2} \tag{89}$$

und wächst dann bis dem für $t = \infty$ eintretenden Werthe Null.

In Bezug auf den Strom i und die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{di}{dt}$ gilt wörtlich das in dem Falle (A) gefundene.

8. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten die Formelsysteme (71) bis (76) und die Constante c ist positiv. Angemessen führt man noch folgende Constante ein:

$$2e = \frac{1}{C(W_1+W_2)} - \frac{W_1+W}{L} - \frac{W_1^2}{W_1+W_2}\frac{1}{L} = -2\left(c + \frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{W_1}{L}\right). \tag{90}$$

und bekommt alsdann die Ausdrücke

$$\begin{cases} \lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{L} = e + \sqrt{e^2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_1^2}{L^2}}, \\ \lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{L} = e - \sqrt{e^2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_1^2}{L^2}}. \end{cases} \tag{91}$$

In dem Falle (A) ist die Constante e negativ, wie der letzte Ausdruck (90) für ein positives c ergiebt, und folglich $\lambda_2 - \frac{W_1+W}{L}$ negativ. Die Gl.

(92) $$\frac{d\Pi}{dt}=0$$

oder

(93) $$e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}=\frac{\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1}{\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2}$$

besitzt jetzt keine positive Wurzel t. Das Potential Π nimmt stetig zu, vom dem Werthe 0, für $t=0$, zu dem Werthe E, für $t=\infty$.

Um zu untersuchen, ob die Π-Curve einen Inflexionspunkt hat, setzt man

(94) $$\frac{d^2\Pi}{dt^2}=0$$

und erhält die Gl.

(95) $$e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}=\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}=\frac{Z}{N}$$

Es sind hier Zähler und Nenner positiv und die Differenz

$$Z-N=(\lambda_1-\lambda_2)\frac{W_1^2-\frac{L}{C}}{L(W_1+W_2)}$$

positiv oder negativ, je nach dem $\sqrt{\frac{L}{C}}$ kleiner oder grösser als W_1 ist. Beide Fälle sind möglich.

Unter der Annahme

(96) $$\sqrt{\frac{L}{C}}>W_1$$

besitzt die Gl. (94) keine positive Wurzel und die Π-Curve keinen Inflexionspunkt. Der Strom J, welcher proportional $\frac{d\Pi}{dt}$ ist, nimmt fortwährend ab, und zwar von dem Werthe $\frac{E}{W_1+W_2}$, für $t=0$, zu dem Werthe Null, für $t=\infty$.

Unter der Annahme

(97) $$\sqrt{\frac{L}{C}}<W_1$$

hat die Gl. (94) die Wurzel

(98) $$t_0=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}$$

und die Π-Curve einen Inflexionspunkt. Der Strom J ändert nicht seinen Sinn, wächst von dem Anfangswerthe $\frac{E}{W_1+W_2}$ zu dem zur Zeit t_0 eintretenden Maximum

(99) $$J_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-at_0}$$

und nimmt dann zu Null ab, welcher Werth sich für $t = \infty$ ergiebt.

Für die Untersuchung der Stromstärke i_1 möge zuerst angenommen werden, dass während die Bedingung (40) p. 57 befriedigt wird, zugleich

(87 a) $$\frac{L}{C} > WW_2$$

und

(87) $$\frac{L}{C} + W_1 W_2 > W(W_1 + W_2)$$

ist. Alsdann besitzt die Gl.

(100) $$i_1 = 0$$

oder

(101) $$e^{(\lambda_1 - \lambda_2)t} = \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}}$$

die positive Wurzel

(88) $$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}}.$$

Die Stromstärke i_1 nimmt von dem der Zeit $t = 0$ angehörenden Anfangswerthe

$$\frac{E}{W_1 + W_2}$$

ab, wird Null zur Zeit t_2, erreicht zur Zeit

(102) $$t_3 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \frac{W}{L}\right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \frac{W}{L}\right)}$$

das Minimum

(103) $$(i_1)_{\min} = -\frac{1}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{1 - \frac{C}{L} WW_2}\, Ee^{-at_3},$$

und nimmt dann wieder zu, bisdem sie für $t = \infty$ gleich Null wird.

Wenn die Bedingungen (87 a) und (87) dagegen nicht beide erfüllt sind, so bleibt i_1 stets positiv und nimmt von demselben Anfangswerthe wie oben zu dem schliesslichen Werthe Null ab.

Das Verhalten des Potentiales P, welches mit i_1 durch die Relation

$$P = -W_1 i_1$$

verbunden ist, braucht nicht weiter auseinandergesetzt werden.

Die Stromstärke i nimmt nur positive Werthe an. Sie ist Null für $t=0$, wächst bis zur Zeit

$$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, \tag{104}$$

zu welcher sie den grössten Werth

$$i_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}} E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-at_1} \tag{105}$$

annimmt, und sinkt dann bis Null, welcher Werth für $t=\infty$ erreicht wird.

Die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ ist für $t=0$ negativ und gleich $-\frac{W_1}{W_1+W_2}E$, wächst, nimmt für $t=t_1$ den Werth Null an, wird positiv, nimmt bis zu dem zur Zeit $2t_1$ stattfindenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W_2} E e^{-2at_1} \tag{106}$$

zu, und sinkt dann in der folgenden unendlich langen Zeitperiode bis Null ab.

Die Zeitpunkte t_0, t_1, t_2 und t_3 folgen auf einander in der Ordnung

$$0 < t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \infty.$$

9. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ist jetzt nach (41)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)} + W_1 \tag{41}$$

und der mittlere Ausdruck (90) zeigt, dass alsdann e positiv ist. Nach (91) sind auch $\lambda_1 - \frac{W_1+W}{L}$ und $\lambda_2 - \frac{W_1+W}{L}$ positiv und die Gl. (93) besitzt die Wurzel

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1+W}{L}}. \tag{107}$$

Das Potential Π wächst von Null an, erreicht zur Zeit

$$\frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_2\left(\lambda_1 - \frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_1\left(\lambda_2 - \frac{W_1+W}{L}\right)}$$

den Werth E und zur Zeit t_4 das Maximum

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}} e^{-at_4}\right\}. \tag{108}$$

Dann nimmt H bis zu dem Werthe E ab, welcher der Zeit $t=\infty$ angehört. In dem absteigenden Theile der H-Curve liegt ein Inflexionspunkt, mit der Abscisse

$$t_5=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)}. \tag{109}$$

Das Vorhandensein des Maximums von H unterscheidet hauptsächlich den Fall (B) von dem Falle (A).

Die Stromstärke J hat für $t=0$ den Werth $\frac{E}{W_1+W_2}$, nimmt ab, wird Null für $t=t_4$, nimmt weiter ab, in algebraischem Sinne, und erreicht zur Zeit t_5 das Minimum

$$J_{\min}=-\frac{W_1}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-\alpha t_5}, \tag{110}$$

wächst und wird gleich Null für $t=\infty$.

Die Stromstärke i_1 hat für $t=0$ den Werth $\frac{E}{W_1+W_2}$, nimmt ab, wird Null zur Zeit

$$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}}. \tag{88}$$

nimmt negative Werthe an, erreicht zur Zeit

$$t_3=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)} \tag{102}$$

das Minimum

$$(i_1)_{\min}=-\frac{1}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{1-\frac{C}{L}WW_2}\,Ee^{-\alpha t_3} \tag{103}$$

und nimmt in der folgenden unendlich langen Zeitperiode bis Null zu.

Das Verhalten von $P=-W_1 i_1$ geht unmittelbar aus demjenigen von i_1 hervor.

Die Stromstärke i und die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich ganz wie im Falle (A).

In Bezug auf die Reihenfolge der Werthe t_1, t_2, t_3, t_4 und t_5 bemerke man, dass

$$0<t_1<t_2<t_3<t_4<t_5<\infty$$

ist.

10. **Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen.** Nach (38) und (39) hat man Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung, wenn entweder

(38) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} - W_1,$$

oder

(39) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} + W_1$$

ist. Die Formeln für Π, J, i und i_1 ergeben sich aus den entsprechenden Formeln für die aperiodische Ladung formell so, dass man $\cosh \sqrt{a^2 - b}\, t$ mit 1 und $\sinh \sqrt{a^2 - b}\, t$ mit $\sqrt{a^2 - b}\, t$ ersetzt.

Bei der ersten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen gelten die Systeme

(111)
$$\begin{cases} \Pi = E - (E - \Pi_0) e^{-at} \left\{1 + \left(a - \frac{1}{W_g C}\right) t\right\}, \\ J = C \frac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at} \left\{1 + ct\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C \frac{d^2\Pi}{dt^2} = -\frac{J_0}{(W_1 + W_2) C} e^{-at} \left\{1 - \left(a - \frac{W_1 + W}{L}\right) t\right\}. \end{cases}$$

(112)
$$\begin{cases} i = \frac{W_1}{W_1 + W} J_0 e^{-at} \left\{1 + at\right\}, \\ \frac{di}{dt} = -\frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{J_0}{LC} e^{-at} t. \end{cases}$$

(113)
$$\begin{cases} i_1 = \frac{W}{W_1 + W} J_0 e^{-at} \left\{1 + \left(a - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \frac{1}{WC}\right) t\right\}, \\ \frac{di_1}{dt} = -\frac{1}{(W_1 + W_2) C} J_0 e^{-at} \left\{1 - \left(a - \frac{W}{L}\right) t\right\}. \end{cases}$$

Diese Systeme bestehen in den beiden Fällen (A) und (B). Ebenso verhält es sich mit den folgenden Systemen von Gleichungen, welchen die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen zu Grunde gelegt ist,

(114)
$$\begin{cases} \Pi = E \left\{1 - e^{-at} (1 + ct)\right\}, \\ J = C \frac{d\Pi}{dt} = \frac{E}{W_1 + W_2} e^{-at} \left\{1 - \left(a - \frac{W_1 + W}{L}\right) t\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C \frac{d^2\Pi}{dt^2} = \frac{E}{L (W_1 + W_2)^2} e^{-at} \left\{\left(W_1^2 - \frac{L}{C}\right) - \left[a \left(W_1^2 - \frac{L}{C}\right) + \frac{W_1 + W}{C}\right] t\right\}. \end{cases}$$

(115)
$$\begin{cases} i = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{E}{L} e^{-at} t, \\ \frac{di}{dt} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{E}{L} e^{-at} \left\{1 - at\right\}. \end{cases}$$

$$(116)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\,E\,e^{-at}\left\{1+\left(c-\dfrac{W_1W_2}{W_1+W_2}\dfrac{1}{L}\right)t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-\left[a\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-\dfrac{W_1+W}{C}\right]t\right\}. \end{cases}$$

Für die Discussion des Ladungsvorganges empfiehlt es sich die obigen Formelsysteme gleich für die Fälle (A) und (B) zu specialisiren. Mit Anwendung der folgenden Constantenausdrücke

$$(117)\qquad a = \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}},$$

$$(118)\qquad c = \pm\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC},$$

wobei das Zeichen + in dem Falle (A), das Zeichen − in dem Falle (B) gilt, bekommt man dann für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen

im Falle (A)

$$(119)\qquad \begin{cases} \Pi = E-(E-\Pi_0)\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{CW_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{(W_1+W_2)C}e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{W_1}{L}t\right\}. \end{cases}$$

$$(120)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W}\,J_0\,e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-at}t. \end{cases}$$

$$(121)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1+W}J_0\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)C}J_0\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

im Falle (B)

$$(122)\qquad \begin{cases} \Pi = E-(E-\Pi_0)\,e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{CW_g\sqrt{(W_1+W)}\,(W_1+W_2)}t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0\,e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{(W_1+W_2)C}e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{W_1}{L}t\right\}. \end{cases}$$

(123)
$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC} e^{-at} t. \end{cases}$$

(124)
$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)C} J_0 e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich

im Falle (A)

(125)
$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-at}\left(1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{W_1}{L}t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E\sqrt{W_1+W}}{L(W_1+W_2)^2} e^{-at}\left\{\sqrt{W_1+W_2}\left(W_1-\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right)-\sqrt{W_1+W}\,W_1\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

(126)
$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at} t. \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

(127)
$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}}-W_2\right)\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,W_1\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}}-W_2\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

im Falle (B)

(128)
$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-at}\left(1-\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{W_1}{L}t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E\sqrt{W_1+W}}{L(W_1+W_2)^2} e^{-at}\left\{\sqrt{W_1+W_2}\left(W_1+\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right)-\sqrt{W_1+W}\,W_1\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

(129)
$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at} t. \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(130)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W_2}\, e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}}+W_2\right)\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L}\, e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right) - \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,W_1\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}}+W_2\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

11. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es bestehen in diesem Falle die Formeln (119), (120) und (121).

Das Potential Π wächst ohne Maximum und ohne dass die Π-Curve einen Inflexionspunkt besitzt, von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe E.

Die Stromstärke J nimmt beständig ab, von dem ursprünglichen Werthe J_0 zu Null.

Was das Verhalten des Potentials P und der Stromstärke i_1 anbetrifft, so hat man zu unterscheiden zwischen zwei Fällen, je nachdem $W_2 > W$ und $W > W_2$ ist.

Wenn $W_2 > W$ ist, so nimmt i_1 von dem Anfangswerthe $\dfrac{W}{W_1+W}J_0$ bis dem für

$$(131)\qquad t = t_2 = \frac{W_1+W_2}{W_1}\,\frac{L}{W_2 - \sqrt{\dfrac{L}{C}}}$$

sich ergebenden Minimum

$$(132)\qquad (i_1)_{\min} = -\frac{W_1}{W_1+W}J_0\left\{1 - \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1+W_2}}\right\}e^{-at_2}$$

ab, und wächst nachher bis Null.

Ist dagegen $W > W_2$, so nimmt i_1 die ganze Zeit ab, von dem obigen Anfangswerthe zu Null, ohne die Richtung zu ändern.

Der Strom i ändert nicht seinen Sinn; seine Stärke nimmt von $\dfrac{W_1}{W_1+W}J_0$ bis Null ab.

Die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\dfrac{di}{dt}$ ist für $t=0$ gleich Null, nimmt zu, erreicht für

$$(133)\qquad t = t_1 = \sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\sqrt{LC} = \frac{1}{a}$$

das Maximum

$$(134)\qquad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_2}\frac{E-\Pi_0}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{1}{e},$$

und sinkt dann bis Null, welcher Werth für $t=\infty$ angenommen wird.

12. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle gelten die Formeln (122), (123) und (124).

Das Potential Π nimmt von dem Anfangswerthe Π_0 zu, wird gleich E zur Zeit

$$\frac{C W_g \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}{W_1}$$

und erreicht zur Zeit

(135) $$t_3 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \sqrt{LC}$$

das Maximum

(136) $$\Pi_{\max} = E + \frac{W_1}{(W_1 + W) W_g} \sqrt{\frac{L}{C}} (E - \Pi_0) e^{-\alpha t_3},$$

nimmt dann wieder ab und erreicht für $t = \infty$ den schliesslichen Werth E.

J fängt an mit dem Werthe J_0, nimmt ab, wird Null für $t = t_3$ und erreicht für

(137) $$t = t_4 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} \frac{L}{W_1}$$

das negative Minimum

(138) $$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} J_0 e^{-\alpha t_4}$$

wonach es wieder bis Null ansteigt. Der Abscisse t_4 entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Stromstärke i_1 nimmt von dem Angfangswerthe $\frac{W}{W_1 + W} J_0$ ab, wird gleich Null zur Zeit

$$\frac{W(W_1 + W_2)}{W_1 \left(W + \sqrt{\frac{L}{C}} \right)} \sqrt{LC}$$

und ein Minimum zur Zeit

(139) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}},$$

wobei

(140) $$(i_1)_{\min} = -\frac{W_1 \left(W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}} \right)}{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} J_0 e^{-\alpha t_2}$$

ist, und wächst dann bis Null, in der Zeit von t_2 bis ∞.

Die Grössen i und $-L \frac{di}{dt}$ verhalten sich ganz wie in dem Falle (A).

13. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle bestehen die Formeln (125), (126) und (127).

Das Ladungspotential Π wächst beständig, von dem Werthe Π_0 zu dem Werthe E.

Wenn die Ungleichheit

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > W_1 \tag{141}$$

besteht, so besitzt die Π-Curve keinen Inflexionspunkt; ist dagegen

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < W_1 \tag{142}$$

so gehört ein Inflexionspunkt der Zeit

$$t_0 = \sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1-W}}\, W_1 - \sqrt{\frac{L}{C}} \Big/ \sqrt{LC} \tag{143}$$

an.

Unter der Annahme (141) ändert der Strom J nicht seinen Sinn, während seine Stärke von $\frac{E}{W_1+W_2}$ zu Null abnimmt.

Unter der Annahme (142) bleibt J auch stets positiv, wächst aber von dem Werthe $\frac{E}{W_1+W_2}$, für $t=0$, zu dem für $t=t_0$ sich ergebenden grössten Werthe

$$J_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha t_0}. \tag{144}$$

und nimmt dann wieder bis Null ab.

Mit Beachtung der Relation

$$\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2 = \sqrt{W_1+W_2}\left(\sqrt{W_1+W} - \sqrt{W_1+W_2}\right)$$

sieht man aus der zweiten Formel (127), dass i_1 ein Minimum besitzt oder nicht, je nachdem $W_2 > W$ oder $W > W_2$ ist.

Wenn $W_2 > W$ ist, so nimmt i_1 von dem Anfangswerthe $\frac{E}{W_1+W_2}$ zu Null ab, welcher Werth für

$$t = t_2 = \frac{\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1+W_2} - \sqrt{W_1+W}}\, L \Big/ W_1 \tag{145}$$

angenommen wird, und weiter bis zu dem für

$$t = t_3 = \frac{W_1W_2 + \frac{L}{C}}{W_1\sqrt{W_1+W}\left(\sqrt{W_1+W_2} - \sqrt{W_1+W}\right)}\sqrt{LC} \tag{146}$$

stattfindenden Minimum

$$(i_1)_{\min} = -\frac{W_1}{W_1+W_2}\,\frac{\sqrt{W_1+W_2} - \sqrt{W_1+W}}{\sqrt{W_1+W}}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E e^{-\alpha t_3}, \tag{147}$$

ab, und wächst dann in unendlich langer Zeit bis zu Null.

Ist dagegen $W > W_2$, so bleibt i_1 positiv und nimmt die ganze Zeit ab, von demselben Anfangswerthe wie oben zu Null.

Die Stromstärke i ändert nicht ihren Sinn. Sie wächst von Null an zu dem der Zeit

(148) $$t_1 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}}\sqrt{LC} = \frac{1}{a}$$

entsprechenden Maximum

(149) $$i_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{E}{e},$$

und nimmt dann ab, bis sie für $t = \infty$ gleich Null wird.

Die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{di}{dt}$ hat für $t = 0$ den Werth $-\frac{W_1}{W_1 + W_2}E$, wächst, wird Null für $t = t_1$ und ein Maximum für $t = 2t_1$, wobei

(150) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W_2}\frac{E}{e^2}$$

ist, und sinkt dann bis auf Null, welcher Werth für $t = \infty$ folgt.

14. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem letzten Falle gelten die Formeln (128), (129) und (130).

Das Potential Π wächst jetzt von Null an, wird gleich E zur Zeit

$$\frac{W_1 + W_2}{W_1}\sqrt{LC}$$

und erreicht zur Zeit

(151) $$t_4 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}}\frac{L}{W_1}$$

das Maximum

(152) $$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}e^{-at_4}\right\}.$$

Dann nimmt Π ab, bis zu dem für $t = \infty$ folgenden Werthe E. In dem absteigenden Theile der Curve liegt ein Inflexionspunkt mit der Abscisse

(153) $$t_5 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}}\frac{W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\sqrt{LC}.$$

Die Stromstärke J hat für $t = 0$ den Werth $\frac{E}{W_1 + W_2}$, nimmt ab, wird Null für $t = t_4$, nimmt im algebraischen Sinne weiter ab, erreicht zur Zeit t_5 das Minimum

(154) $$J_{\min} = -\frac{W_1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-at_5}$$

und wächst dann bis zu Null, welcher Werth für $t = \infty$ erfolgt.

Die Stromstärke i_1 ist gleich $\frac{E}{W_1+W_2}$ für $t=0$, nimmt ab, wird gleich Null zur Zeit

$$t_2=\frac{W_1+W_2}{W_1}\frac{L}{W_2+\sqrt{\frac{L}{C}}}=\frac{\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1+W_2}+\sqrt{W_1+W}}\frac{L}{W_1} \tag{155}$$

und erreicht zur Zeit

$$t_3=\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\frac{W_1W_2+\frac{L}{C}}{W_1\left(W_2+\sqrt{\frac{L}{C}}\right)}\sqrt{LC} \tag{156}$$

das Minimum

$$(i_1)_{\min}=-\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{W_2+\sqrt{\frac{L}{C}}}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}E\,e^{-at_3}. \tag{157}$$

Dann nimmt sie wieder zu, bis sie für $t=\infty$ gleich Null geworden ist.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich gleich in den Fällen (A) und (B).

15. **Formeln für die periodische Ladung.** Die Bedingungen für die periodische Ladung des Condensators wurden im Art. 4 p. 57 in den Formen (42), (43 c), (49 c) und (55 c) gegeben. Mit den Bezeichnungen (62) erhält man jetzt, indem

$$b>a^2$$

ist, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen die Formeln

$$\left\{\begin{aligned}
&\Pi=E-(E-\Pi_0)e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\frac{a-\frac{1}{W_2C}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\},\\
&J=C\frac{d\Pi}{dt}=J_0e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\frac{c}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\},\\
&\frac{dJ}{dt}=C\frac{d^2\Pi}{dt^2}=-\frac{J_0}{(W_1+W_2)C}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\frac{a-\frac{W_1+W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{158}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&i=\frac{W_1}{W_1+W}J_0e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\frac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\},\\
&\frac{di}{dt}=-\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}J_0e^{-at}\frac{1}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t,\\
&\frac{d^2i}{dt^2}=-\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}J_0e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\frac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{159}$$

$$(160)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1+W} J_0\, e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)C} J_0\, e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

Formell gehen diese Ausdrücke in der Weise aus den Ausdrücken (64), (65) und (66) hervor, dass man $\sqrt{a^2-b}$ mit $\sqrt{b-a^2}$, cosh mit cos und sinh mit sin ersetzt. Dieselben Substitutionen führen auch in übrigen Fällen zum Ziele, wenn man von der aperiodischen Ladung zu der periodischen übergehen will.

Bei der zweiten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen ergeben sich die Formeln

$$(161)\quad \begin{cases} \Pi = E\left\{1 - e^{-at}\left[\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{c}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2} e^{-at}\left\{\left(W_1^2 - \dfrac{L}{C}\right)\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)+\dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(162)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{2a\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{2a^2-b}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(163)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-\dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\} \end{cases}$$

Zur Vereinfachung aller dieser Ausdrücke nimmt man

$$(164)\quad \beta = \sqrt{b-a^2}$$

$$(165)\quad \begin{cases} \sin\varphi = \dfrac{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}{W_1}(a\,W_g C - 1). \\ \cos\varphi = \dfrac{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}{W_1} W_g C\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(166)\quad \begin{cases} \sin\psi = \dfrac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\psi = \dfrac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\,a. \end{cases}$$

$$(167)\quad \begin{cases} \sin\varphi = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\dfrac{L}{W_1}\left(a-\dfrac{W_1+W}{L}\right), \\ \cos\varphi = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\dfrac{L}{W_1}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(168)\quad \begin{cases} \sin\sigma = \dfrac{W(W_1+W_2)\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\left(a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right), \\ \cos\sigma = -\dfrac{W(W_1+W_2)\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(169)\quad \begin{cases} \sin\tau = \dfrac{L\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\tau = \dfrac{L\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\left(a-\dfrac{W}{L}\right). \end{cases}$$

$$(170)\quad \begin{cases} \sin\omega = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}LC\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\omega = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}LC\,a. \end{cases}$$

$$(171)\quad \begin{cases} \sin\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1(W_1+W)}\left\{a\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)+\dfrac{W_1+W}{C}\right\}, \\ \cos\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1(W_1+W)}\sqrt{b-a^2}\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right). \end{cases}$$

$$(172)\quad \begin{cases} \sin\varrho = \dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{b-a^2}\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right), \\ \cos\varrho = \dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\left\{a\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-\dfrac{W_1+W}{C}\right\}. \end{cases}$$

$$(173)\quad \begin{cases} \sin\chi = \dfrac{2a\sqrt{b-a^2}}{b} = \sin(\pi-2\omega), \\ \cos\chi = \dfrac{b-2a^2}{b} = \cos(\pi-2\omega). \end{cases}$$

und erhält ferner

$$\varphi + \psi = \omega \quad \psi + \tau = \vartheta \quad \omega = \frac{\pi}{2} \quad \vartheta = \frac{\pi}{2} - \omega \quad ^{1})$$

Statt der Formeln (158), (159) und (160) ergeben sich mit diesen Bezeichnungen die folgenden Systeme:

(158 a)
$$\begin{cases} \Pi = E - (E - \Pi_0) e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos \varphi}, \\ J = C \dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin \psi}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E - \Pi_0}{C(W_1 + W_2) W_g} e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t + \omega)}{\cos \omega}. \end{cases}$$

(159 a)
$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1 + W} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin \omega}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1 + W_2} \dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin \beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} \dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin \omega}. \end{cases}$$

(160 a)
$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1 + W} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \sigma)}{\cos \sigma}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{1}{(W_1 + W_2) C} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \tau)}{\sin \tau}. \end{cases}$$

Die Formeln (161), (162) und (163) ersetzen sich mit

[1]) Für die Ableitung der Relationen zwischen den verschiedenen Phasenwinkeln beachtet man, dass bei einer Grösse

$$S = A e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \alpha)$$

mit den Ableitungen

$$\frac{dS}{dt} = B e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \alpha_1),$$

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = C e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \alpha_2),$$

sich allgemein ergiebt

$$\sin(\alpha_1 - \alpha) = \sin(\alpha_2 - \alpha_1) = \frac{\beta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}},$$

$$\cos(\alpha_1 - \alpha) = \cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \frac{-\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}.$$

(161 a)
$$\begin{cases} \Pi = E\left\{1 - e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi}\right\}, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt} = \frac{E}{W_1+W_2}e^{-\alpha t}\frac{\cos(\beta t+\varphi)}{\cos\varphi}, \\ \frac{dJ}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} = \frac{E}{L(W_1+W_2)^2}\left(W_1^2 - \frac{L}{C}\right)e^{-\alpha t}\frac{\cos(\beta t+\vartheta)}{\cos\vartheta}. \end{cases}$$

(162 a)
$$\begin{cases} i = \frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{L}e^{-\alpha t}\frac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \frac{di}{dt} = -\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{L}e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t-\omega)}{\sin\omega}. \\ \frac{d^2i}{dt^2} = \frac{W_1\cdot 2\alpha}{W_1+W_2}\frac{E}{L}e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t-2\omega)}{\sin 2\omega}. \end{cases}$$

(163 a)
$$\begin{cases} i_1 = -\frac{E}{W_1+W_2}e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t-\tau)}{\sin\tau}, \\ \frac{di_1}{dt} = \frac{1}{(W_1+W_2)^2}\left(W_1W_2+\frac{L}{C}\right)\frac{E}{L}e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t-\varrho)}{\sin\varrho}. \end{cases}$$

Sämmtliche Grössen Π, J, i, i_1, und deren Ableitungen werden durch regelmässig gedämpfte Sinuslinien dargestellt, denen die folgende Periode zukommt:

(174)
$$T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\sqrt{b-a^2}} = \frac{2\pi\sqrt{L'C}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L'}W'^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{C}{L}\left(W_2+\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1+W}\right)^2}}.$$

Das gemeinsame Dämpfungsverhältniss beträgt

(175)
$$k = e^{\alpha\frac{T}{2}} = e^{\pi\frac{\alpha}{\beta}} = e^{\frac{\pi}{2}W'\sqrt{\frac{C}{L'}}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L'}W'^2}},$$

und das zugehörige logaritmische Decrement ist

(176)
$$\alpha = \log k = \alpha\frac{T}{2} = \pi\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\pi}{2}W'\sqrt{\frac{C}{L'}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L'}W'^2}} =$$
$$= \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L}{C}}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{C}{L}\left(W_2+\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1+W}\right)^2}}.$$

16. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle gelten die Formeln (158), (159) und (160), sowie (158 a), (159 a) und (160 a). Zuerst beachte man die folgende Lage der

die Phasen der Schwingungen des Potentials und der Stromstärken bestimmenden Winkeln

$$(177)\qquad \begin{cases} -\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \psi < \pi, \\ -\frac{\pi}{2} < \vartheta < \frac{\pi}{2}, \\ -\frac{\pi}{2} < \sigma < \frac{\pi}{2} \\ 0 < \tau < \pi, \\ 0 < \omega < \frac{\pi}{2}. \end{cases}$$

Die Π-Curve zeigt wechselweise Maxima und Minima. Zwischen zwei Extremen liegt ein Inflexionspunkt der Curve. Nach dem Anfangspunkte folgt zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Die Maxima ergeben sich zu den Zeiten

$$(178)\qquad t' = \left(2n - 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots),$$

und es ist

$$(179)\qquad \Pi_{\max} = E + \frac{W_1}{(W_1 + W)\,W_g}\sqrt{\frac{L}{C}}\,(E - \Pi_0)\,e^{-\alpha\left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}.$$

Die Minima kommen vor zu den Zeiten

$$(180)\qquad t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots),$$

und man hat

$$(181)\qquad \Pi_{\min} = E - \frac{W_1}{(W_1 + W)\,W_g}\sqrt{\frac{L}{C}}\,(E - \Pi_0)\,e^{-\alpha\left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}}.$$

Einige der Minima im Anfang der Curve können negative Werthe haben, und zwar ist die Bedingung dafür, dass die n ersten Minima negativ seien,

$$(182)\qquad \frac{1}{\alpha T}\log\left\{\frac{W_1}{(W_1 + W)\,W_g}\sqrt{\frac{L}{C}}\,\frac{E - \Pi_0}{E}\right\} + \frac{\psi}{2\pi} > n.$$

Die Schwingungen von Π erfolgen um eine Achse, welche im dem Abstande E von der Achse der Abscissen liegt. Diese Schwingungsachse wird von der Π-Curve in den Punkten mit den Abscissen

$$(183)\qquad t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

geschnitten. Zu diesen Zeiten ist also $\Pi = E$.

Die Stromstärke J ist gleich Null zu den Zeiten t' und t'', erreicht zu den Zeiten

(184) $$t''' = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots)$$

die Maximiwerthe

(185) $$J_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}} J_0 e^{-\alpha\left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2}}$$

und zu den Zeiten

(186) $$t^{(4)} = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots).$$

die Minimiwerthe

(187) $$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}} J_0 e^{-\alpha\left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2}},$$

alles in algebraischem Sinne. Den Abscissen t''' und $t^{(4)}$ entsprechen Inflexionspunkte der H-Curve.

Die Schwingungen von i_1 erfolgen um die Achse der Abscissen. Diese wird von der i_1-Curve in den Punkten

(188) $$t^{(6)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

geschnitten.

Maxima von i_1 ergeben sich für

(189) $$t^{(7)} = \left(2n + 1 + \frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots)$$

und zwar ist

(190) $$(i_1)_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\,\frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W W_2}}{W_1+W}\, J_0\, e^{-\alpha\left(2n+1+\frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2}}.$$

Minima von i_1 für

(191) $$t^{(8)} = \left(2n + \frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots).$$

wobei

(192) $$(i_1)_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\,\frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W W_2}}{W_1+W}\, J_0\, e^{-\alpha\left(2n+\frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2}}$$

ist.

Das Verhalten von P ist unmittelbar durch die Relation

$$P = -W_1 i_1$$

bestimmt. Ein Maximum von i_1 giebt ein Minimum von P und ein Minimum von i_1 ein Maximum von P.

Die Stromstärke i schwingt um die Achse $i=0$, welche sie in den Punkten

$$t^{(9)} = \left(n+1-\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{193}$$

schneidet. Sie erreicht zu den Zeiten

$$t^{(10)} = 2n\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{194}$$

die grössten Werthe

$$i_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W}J_0\, e^{-\alpha\cdot 2n\frac{T}{2}} \tag{195}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(11)} = (2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{196}$$

die kleinsten Werthe

$$i_{\min} = -\frac{W_1}{W_1+W}J_0\, e^{-\alpha(2n+1)\frac{T}{2}}. \tag{197}$$

Die i-Curve fängt mit einem Maximum an.

Die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{di}{dt}$ ist gleich Null zu den Zeiten $t^{(10)}$ und $t^{(11)}$, am grössten zu den Zeiten

$$t^{(12)} = \left(2n+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{198}$$

zu welchen man

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\, e^{-\alpha\left(2n+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{199}$$

hat, und am kleinsten zu den Zeiten

$$t^{(13)} = \left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{200}$$

welchen die Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{W_1}{W_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\, e^{-\alpha\left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{201}$$

entsprechen.

17. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Zu diesem Falle gehören die Formeln (161), (162) und (163) sowie (161 a), (162 a) und (163 a). Es ist

$$\begin{cases} 0<\psi<\pi, \\ -\frac{\pi}{2}<\sigma<\frac{\pi}{2}, \\ 0<\vartheta<\frac{\pi}{2}, \text{ oder } \frac{\pi}{2}<\vartheta<3\frac{\pi}{2}, \\ 0<\tau<\pi, \\ 0<\varrho<\pi, \\ 0<\chi<\pi. \end{cases} \tag{202}$$

Die Maxima von Π ergeben sich zu den Zeiten

$$t' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{203}$$

und sind

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\, e^{-\alpha\left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2}}\right\}; \tag{204}$$

die Minima erfolgen zu den Zeiten

$$t'' = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{205}$$

und haben die Werthe

$$\Pi_{\min} = E\left\{1 - \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\, e^{-\alpha\left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2}}\right\}. \tag{206}$$

Im Anfang der Curve liegt ein Maximum von Π. Vor diesem Maximum befindet sich, wie aus der unten folgenden Discussion von J zu schliessen ist, kein Inflexionspunkt, falls $W_1 > \sqrt{\frac{L}{C}}$ ist, dagegen liegt in diesem Curventheile ein Inflexionspunkt, falls $W_1 < \sqrt{\frac{L}{C}}$ ist. Nach dem Maximum folgt ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Negative Minimiwerthe von Π giebt es nicht in dem jetzt betrachteten Falle.

Die Schwingungsachse für das Potential Π ist die Gerade im Abstande E von der Achse der Abscissen. Sie wird von der Π-Curve in den Punkten

$$t^{(5)} = \left(n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots), \tag{207}$$

geschnitten, welchen also die Ordinate $\Pi = E$ angehört.

Bei der Discussion von J dürfen zwei Fälle unterschieden werden. In dem ersten Falle ist

$$W_1 > \sqrt{\frac{L}{C}}$$

und

$$0 < \vartheta < \frac{\pi}{2}.$$

Die Π-Curve kehrt im Coordinatenanfangspunkt ihre konvexe Seite gegen die Achse der Abscissen und biegt sich einmal um, bevor das erste Maximum erreicht wird.

Die Maxima von J gehören den Zeiten

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{208}$$

an, und haben die Werthe

$$J_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha\left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2}}. \tag{209}$$

Die Minima ergeben sich für

$$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{210}$$

und sind

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha\left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{211}$$

Den Abscissen t''' und $t^{(4)}$ entsprechen Inflexionspunkte der H-Curve. Die Stromstärke J ändert Richtung für $t = t'$ und $t = t''$.

In dem zweiten Falle hat man

$$W_1 < \sqrt{\frac{L}{C}}$$

und

$$\frac{\pi}{2} < \vartheta < 3\frac{\pi}{2},$$

und alles bleibt unverändert, nur mit dem Unterschiede, dass in der Formel (208) jetzt $n = 1, 2, 3\cdots$ zu nehmen ist.

Die Stromstärke i_1 ist Null zu den Zeiten

$$t^{(6)} = \left(n + \frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots), \tag{212}$$

hat zu den Zeiten

$$t^{(7)} = \left(2n + 1 + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{213}$$

die Maxima

$$(i_1)_{\max} = \frac{1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{W_1\left(\frac{L}{C} - W\,W_2\right)}{W_1 + W}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha\left(2n + 1 + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{214}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(8)} = \left(2n + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{215}$$

die Minima

$$(i_1)_{\min} = -\frac{1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{W_1\left(\frac{L}{C} - W\,W_2\right)}{W_1 + W}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha\left(2n + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2}}. \tag{216}$$

Die Stromstärke i ist Null für

$$t^{(9)} = n\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots), \tag{217}$$

am grössten für

$$t^{(10)} = \left(2n + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots), \tag{218}$$

wobei

$$i_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha\left(2n + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{219}$$

ist, am kleinsten für

$$t^{(11)} = \left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{220}$$

welchen Zeitpunkten die Werthe

$$i_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha\left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{221}$$

entsprechen.

Schliesslich soll noch das Verhalten der Grösse $-L\frac{di}{dt}$ untersucht werden. Sie ist Null zu den Zeiten $t^{(10)}$ und $t^{(11)}$, am grössten zu den Zeiten

$$t^{(12)} = \left(2n+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{222}$$

und zwar hat man dann

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W_2}\,E\,e^{-\alpha\left(2n+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}}, \tag{223}$$

am kleinsten zu den Zeiten

$$t^{(13)} = \left(2n+1+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{224}$$

welchen die Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{W_1}{W_1+W_2}\,E\,e^{-\alpha\left(2n+1+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2}} \tag{225}$$

entsprechen.

18. **Die Periode T als Function von W, W_2, W_1, C und L.** Um die Abhängigkeit der Oscillationszeit T von den Widerständen, der Capacität des Condensators und dem Selbstinduktionscoëfficienten zu untersuchen, betrachtet man angemessen die Grösse

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{1}{LC}\left(1-\frac{1}{4}W^2\frac{C}{L}\right)\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}\left\{1-\frac{1}{4}\frac{\left(WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L}{C}\right)^2}{(W_1+W)(W_1+W_2)}\frac{C}{L}\right\}. \tag{226}$$

Durch Differentiation bekommt man die ersten Ableitungen

$$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W} = \frac{1}{2L^2(W_1+W_2)}\left\{\frac{L}{C}-(WW_1+WW_2+W_1W_2)\right\}, \tag{227}$$

$$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W_2} = \frac{1}{2L^2(W_1+W_2)^3}\left\{\left(\frac{L}{C}-W_1^2\right)^2-\left(\frac{L}{C}+W_1^2\right)(W_1+W)(W_1+W_2)\right\}, \tag{228}$$

$$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W_1} = \frac{1}{2L^2(W_1+W_2)^3}\left\{\left(\frac{L}{C}+W_2^2\right)\left(\frac{L}{C}-WW_1-WW_2-W_1W_2\right)+4W_1W_2\frac{L}{C}\right\}, \tag{229}$$

(230) $$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial C}=\frac{1}{2LC^2(W_1+W_2)^2}\left\{\frac{L}{C}-(W_1+W)(W_1+W_2)-W_1^2\right\},$$

(231) $$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial L}=-\frac{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2}{2L^2(W_1+W_2)^2}\left\{\frac{L}{C}-\frac{(WW_1+WW_2+W_1W_2)^2}{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2}\right\}.$$

Die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W wird Null, wenn

(232) $$\frac{L}{C}=WW_1+WW_2+W_1W_2$$

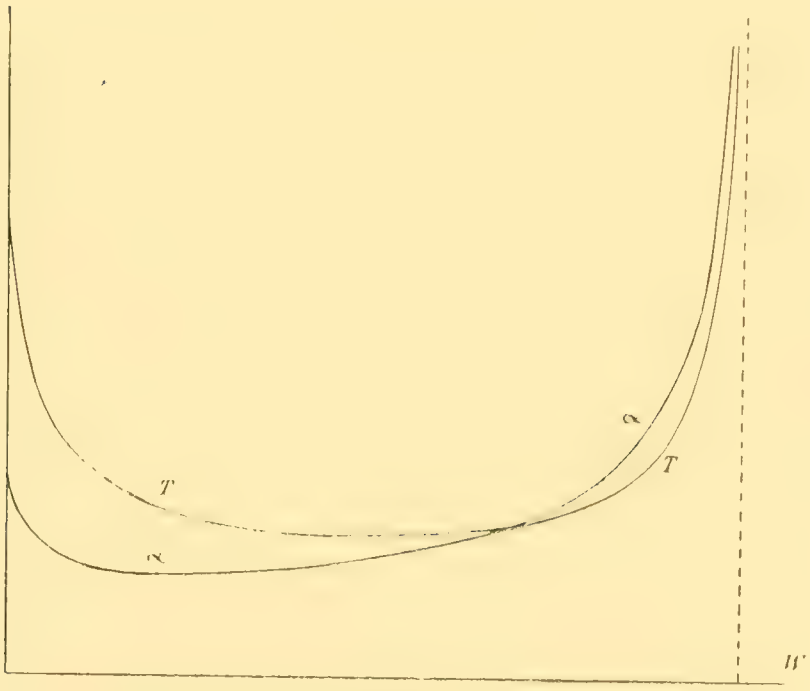


Fig. 22.

ist. Hieraus folgt

(232 a) $$W=\frac{\frac{L}{C}-W_1W_2}{W_1+W_2}$$

Dieser Werth liegt innerhalb der Grenzen (43 c) und hat eine Bedeutung, insofern er positiv ist, d. h. wenn

(233) $$\frac{L}{C}>W_1W_2$$

ist. Dann verändert sich T in der Weise mit W, dass es für den Werth (232 a) ein Minimum wird, und zwar hat man

(234) $$T_{\min} = 2\pi \frac{W_1 + W_2}{W_1} \sqrt{LC}.$$

Wenn die Bedingung (233) nicht erfüllt ist, so nimmt T mit wachsendem W immer zu.

Setzt man die erste Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W_2 gleich Null, so bekommt man die Gl.

(235) $$W_2 = \frac{\frac{L^2}{C^2} - W_1(3W_1 + W)\frac{L}{C} - W_1^3 W}{(W_1 + W)\left(\frac{L}{C} + W_1^2\right)}.$$

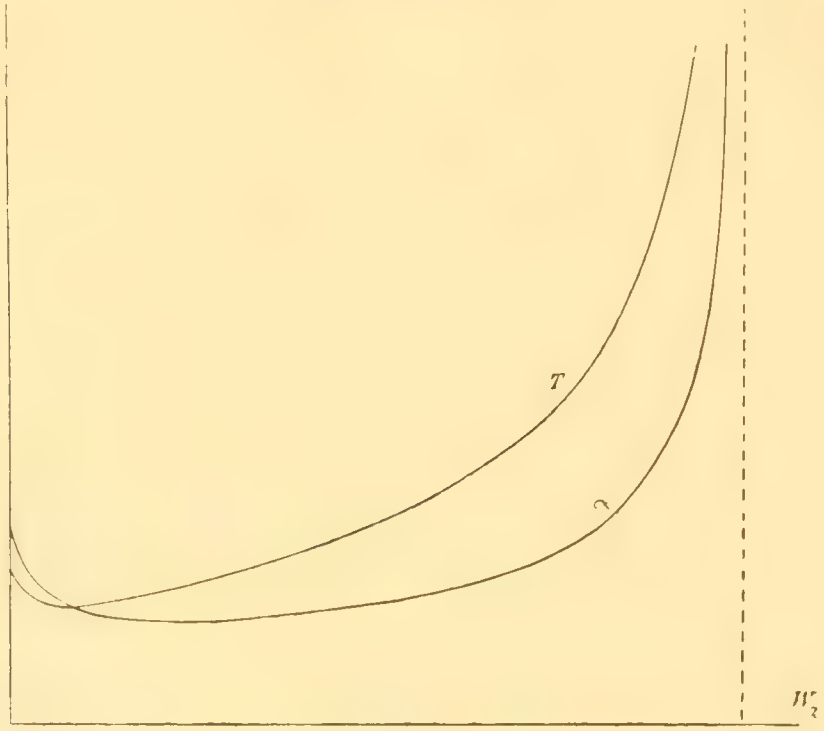


Fig. 23.

Bildet man die Differenzen zwischen diesem Werthe und den Grenzwerthen (49 c), so findet man, dass der Werth (235) innerhalb der Grenzen liegt. Wenn er ferner positiv ist, d. h. wenn

(236) $$\frac{L^2}{C^2} > W_1(3W_1 + W)\frac{L}{C} + W_1^3 W$$

ist, so zeigt T für diesen Werth ein Minimum, von der Grösse

(237) $$T_{\min} = 2\pi \frac{\frac{L}{C} - W_1^2}{W_1(W_1 + W)} \sqrt{LC}.$$

Ist die Bedingung (236) nicht erfüllt, so wächst T stets mit wachsendem W_2.

Die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W_1, gleich Null gesetzt, giebt

$$W_1 = -\frac{\left(\frac{L}{C} + W_2^2\right)\left(\frac{L}{C} - WW_2\right)}{(W+W_2)\left(\frac{L}{C} + W_2^2\right) - 4W_2\frac{L}{C}}. \tag{238}$$

Damit periodische Ladung möglich sei, muss nach Art. 4 p. 60

$$\frac{L}{C} > WW_2$$

sein. Damit W_1 eine Bedeutung habe, muss ausserdem

$$(W+W_2)\left(\frac{L}{C} + W_2^2\right) > 4W_2\frac{L}{C} \tag{239}$$

sein. Alsdann zeigt man ohne Mühe, dass der Werth (238) von W_1 innerhalb der Grenzen (55 c) liegt. Diesem Werthe entspricht das folgende Minimum von T.

$$T_{\min} = 2\pi\frac{\left|\frac{L}{C} - W_2^2\right|}{\frac{L}{C} - WW_2}\sqrt{LC}. \tag{240}$$

Ist die Bedingung (239) nicht erfüllt, so nimmt T mit wachsendem W_1 ab, bis zu dem für $W_1 = \infty$ erfolgenden kleinsten Werthe $2\pi\sqrt{LC} : \sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}(W+W_2)^2}$.

Die Ableitung $\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial C}$ ist Null, wenn

$$C = \frac{L}{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2} \tag{241}$$

ist. Hieraus folgt

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2} \tag{241 a}$$

und dieser Werth liegt stets innerhalb der Grenzen (42). Für den Werth (241) von C erreicht T das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}\frac{L}{W_1}}. \tag{242}$$

Schliesslich soll T als Function von L untersucht werden. Die entsprechende Ableitung verschwindet für

$$L = C\frac{(WW_1+WW_2+W_1W_2)^2}{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2}. \tag{243}$$

Der hieraus hervorgehende Werth

(244) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{(W_1 + W)(W_1 + W_2) - W_1^2}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2) + W_1^2}}$$

liegt, wie man einfach zeigen kann, innerhalb der Grenzen (42). Für den Werth (243) von L ergiebt sich das folgende Minimum der Oscillationszeit

(245) $$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} \frac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1} C.$$

Die Fig. 22···26 veranschaulichen die Variabilität der Oscillationszeit T bez. mit je einer der Grössen W, W_2, W_1, C und L. Die gewählten Daten sind folgende. In

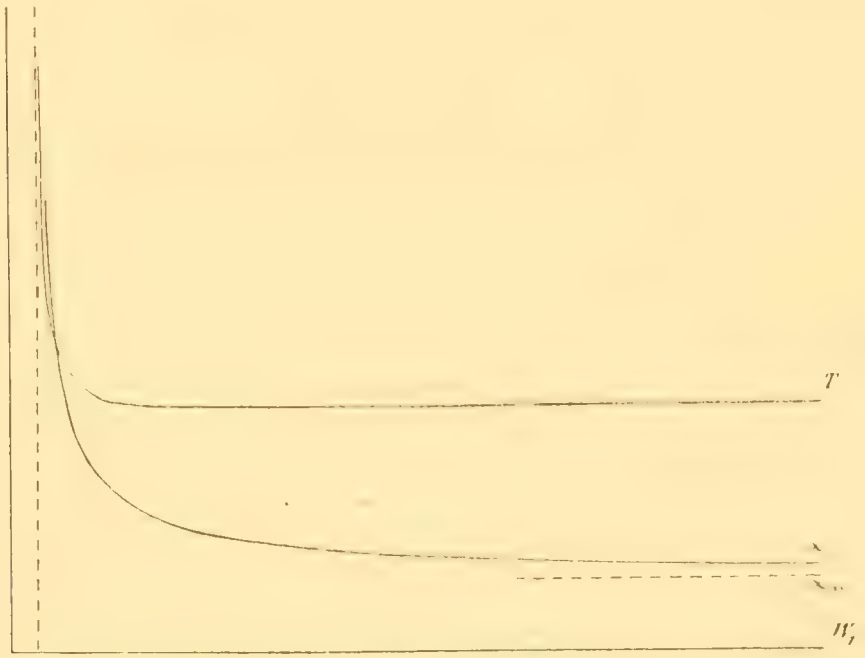


Fig. 24.

Fig. 22: $L = 1$ Henry, $C = 1$ M. F., $W_1 = 500\ \Omega$, $W_2 = 100\ \Omega$; in Fig. 23: $L = 1$ Henry, $C = 1$ M. F., $W_1 = 500\ \Omega$; $W = 100\ \Omega$; in Fig. 24: $L = 1$ Henry, $C = 1$ M. F., $W = 500\ \Omega$, $W_2 = 100\ \Omega$; in Fig. 25: $L = 1$ Henry, $W = W_2 = 100\ \Omega$, $W_1 = 500\ \Omega$ und in Fig. 26: $C = 1$ M. F., $W = W_2 = 100\ \Omega$, $W_1 = 500\ \Omega$. [1])

[1]) Als Massstäbe wurden genommen: in Fig. 22: 100 Ohm = 3 mm, 1 Millisec. = 2,5 mm; in Fig. 23: 100 Ohm = 3 mm, 1 Millisec. = 1 mm; in Fig. 24: 100 Ohm = 1 mm, 1 Millisec. = 5 mm; in Fig. 25: 1 M. F. = 1 mm, 1 Millisec. = 0,5 mm und in Fig. 26: 1 Henry = 10 cm, 1 Millisec. = 5 mm.

19. **Das Decrement α als Function von W, W_2, W_1, C und L.** Nach (176) ist

$$\alpha = \frac{\pi}{2} W' \sqrt{\frac{C}{L'}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L'} W'^2}}, \tag{176}$$

und somit α eine Function nur von der Verbindung

$$W' \sqrt{\frac{C}{L'}} = \frac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + \frac{L}{C}}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} \sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{246}$$

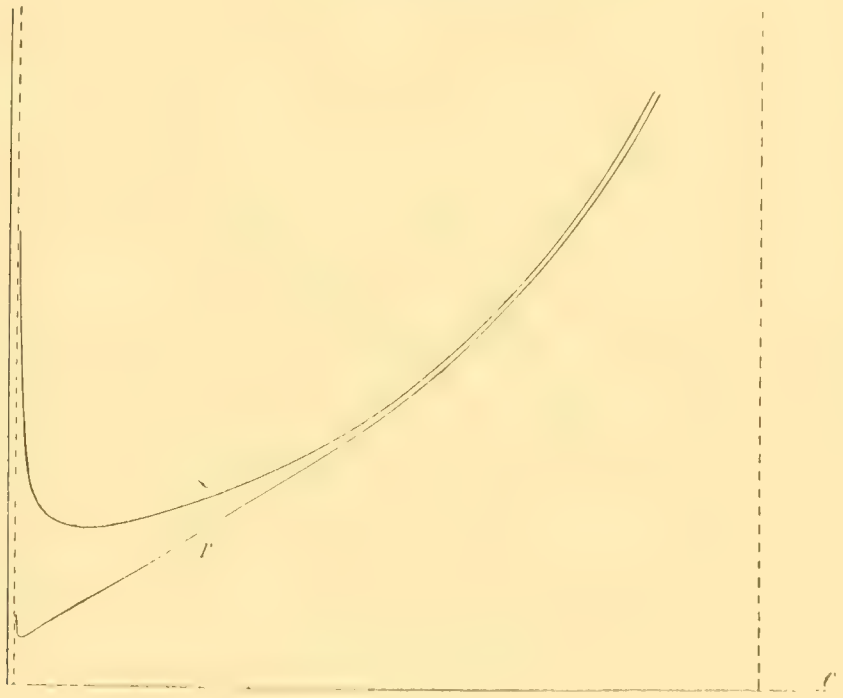


Fig. 25.

Man hat

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \left(W' \sqrt{\frac{C}{L'}} \right)} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{4} W'^2 \frac{C}{L'} \right)^3}, \tag{247}$$

und braucht also für die Discussion von α nur die Ableitungen von $W' \sqrt{\frac{C}{L'}}$ in Bezug auf W, W_2, W_1, C und L zu berechnen. Diese sind

$$\frac{\partial \left(W' \sqrt{\frac{C}{L'}} \right)}{\partial W} = \frac{(W_1 + W)(W_1 + W_2) + W_1^2 - \frac{L}{C}}{2 (W_1 + W) \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} \sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{248}$$

$$\frac{\partial\left(W'\sqrt{\frac{C}{L'}}\right)}{\partial W_2}=\frac{(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2-\frac{L}{C}}{2(W_1+W_2)\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{249}$$

$$\frac{\partial\left(W'\sqrt{\frac{C}{L'}}\right)}{\partial W_1}=-\frac{W_1\left\{2\frac{L}{C}-W^2-W_2^2\right\}+(W+W_2)\left(\frac{L}{C}-WW_2\right)}{2\left\{(W_1+W)(W_1+W_2)\right\}^{\frac{3}{2}}}\sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{250}$$

Fig. 26.

$$\frac{\partial\left(W'\sqrt{\frac{C}{L'}}\right)}{\partial C}=\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2-\frac{L}{C}}{2\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}\sqrt{LC}}. \tag{251}$$

$$\frac{\partial\left(W'\sqrt{\frac{C}{L'}}\right)}{\partial L}=\frac{\frac{L}{C}-(WW_1+WW_2+W_1W_2)}{2\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\frac{1}{L}\sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{252}$$

Aus diesen Ausdrücken geht hervor, dass das logaritmische Decrement α in Bezug auf W und W_2 einen Minimiwerth erreicht, wenn die Widerstände die Gl.

$$(W_1+W)(W_1+W_2)+W_1^2=\frac{L}{C} \tag{253}$$

befriedigen. Die hieraus hervorgehenden Werthe liegen innerhalb der Grenzen, welche das Intervall für oscillirende Ladung bestimmen. Man erhält

$$W = \frac{\frac{L}{C} - W_1 (2 W_1 + W_2)}{W_1 + W_2} \tag{254}$$

mit der Bedingung

$$\frac{L}{C} > W_1 (2 W_1 + W_2) \tag{255}$$

und

$$W_2 = \frac{\frac{L}{C} - W_1 (2 W_1 + W)}{W_1 + W} \tag{256}$$

mit der Bedingung

$$\frac{L}{C} > W_1 (2 W_1 + W). \tag{257}$$

Der kleinste Werth von α ist in beiden Fällen

$$\alpha_{\min} = \pi \frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W_1^2}}{W_1}. \tag{258}$$

Ist die Bedingung (255) nicht erfüllt, so wächst das Decrement mit wachsendem W. Ebenso nimmt es immer mit W_2 zu, wenn die Ungleichheit (257) nicht besteht.

In Bezug auf W_1 ergiebt sich mit der Bedingung

$$2\frac{L}{C} < W^2 + W_2^2 \tag{259 a}$$

für

$$W_1 = \frac{(W + W_2)\left(\frac{L}{C} - W W_2\right)}{W^2 + W_2^2 - 2\frac{L}{C}} \tag{259 b}$$

das Minimum

$$\alpha_{\min} = \pi \frac{\sqrt{\left(W^2 - \frac{L}{C}\right)\left(\frac{L}{C} - W_2^2\right)}}{\frac{L}{C} - W W_2}. \tag{259 c}$$

Besteht die Bedingung (259 a) nicht, so nimmt α mit wachsenden W_1 stets ab. Der Werth (259 b) liegt innerhalb des für W_1 in Betracht kommenden Intervalles, wie eine einfache Rechnung zeigt.

Setzt man die Ableitung von α in Bezug auf C oder in Bezug auf L gleich Null, so ergiebt sich

$$\frac{L}{C} = (W_1 + W)(W_1 + W_2) - W_1^2 \tag{260}$$

und dieser Werth liegt innerhalb des Intervalles (42). Eine nähere Untersuchung zeigt, dass α sowohl in Bezug auf C, wie in Bezug auf L ein Minimum wird, und zwar hat man

$$\alpha_{\min} = \pi \frac{\sqrt{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}}{W_1}. \tag{261}$$

Die Functionalabhängigkeit zwischen dem Decremente α und je einer der Grössen W, W_2, W_1, C und L ist in den Fig. 22···26 zur Darstellung gebracht, für dieselben Annahmen über W, W_2, W_1, C und L wie oben.[1])

[1]) Die Scala für α ist in den Fig. 22 und 23 1,000 = 2,5 mm, in den Fig. 24, 25 und 26 1,000 = 1 cm.

II a. Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung $W_2 = 0$.

20. **Vereinfachungen. Charakter der Ladung.** Die im Abschn. II gefundenen Ausdrücke vereinfachen sich etwas, wenn W_2 so klein im Verhältniss zu W, W_1 und $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ist, dass $W_2 = 0$ gesetzt werden darf. Dieses tritt ein mit der Anordnung in Fig. 27, wo die Stromquelle E ein Accumulator von sehr kleinem Widerstande, und die Hauptleitung sehr kurz ist.

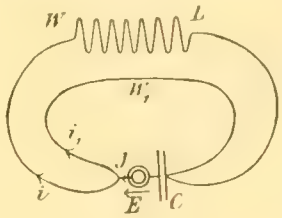


Fig. 27.

Zwischen den Potentialen Π und P besteht jetzt die Relation

(262) $$P = \Pi - E,$$

so dass es genügt Π in den Formeln zu behalten.

Die Differentialgleichung der Ladung ist

(263) $$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b(\Pi - E) = 0,$$

worin a und b die Werthe haben:

(264) $$2a = \frac{W}{L} + \frac{1}{CW_1}; \quad b = \frac{W_1 + W}{W_1}\frac{1}{LC}.$$

Ferner wird nach (62) II gesetzt

(265) $$2c = \frac{W}{L} - \frac{1}{CW_1}.$$

Es ist jetzt

(266) $$W_g = \frac{WW_1}{W_1 + W}.$$

Die Ladung ist aperiodisch, falls die Bedingung

(267) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{W_1(W_1 + W)} - W_1$$

oder

(268) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{W_1(W_1 + W)} + W_1$$

erfüllt ist, periodisch, wenn die Ungleichheiten

(269) $$\sqrt{W_1(W_1+W)}-W_1<\sqrt{\frac{L}{C}}<\sqrt{W_1(W_1+W)}+W_1$$

bestehen, und gehört einem Uebergangsfalle an, wenn entweder

(270) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}}=\sqrt{W_1(W_1+W)}-W_1$$

oder

(271) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}}=\sqrt{W_1(W_1+W)}+W_1$$

ist.

Die Bedingungen (267)···(271) ereignen sich am besten, wenn W und W_1 als constant, $\frac{L}{C}$ als veränderlich gedacht wird.

Betrachtet man W als einen veränderlichen Parameter, so hat man mit der Voraussetzung

(272) $$\sqrt{\frac{L}{C}}>2W_1$$

aperiodische Ladung von der Art (A), wenn

(273) (A) $$W>\frac{L}{CW_1}+2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ist, aperiodische Ladung von der Art (B), wenn die Ungleichheit

(274) (B) $$W<\frac{L}{CW_1}-2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

besteht, periodische Ladung, falls

(275) $$\frac{L}{CW_1}-2\sqrt{\frac{L}{C}}<W<\frac{L}{CW_1}+2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ist, und Uebergangsfälle, wenn

(276) (A) $$W=\frac{L}{CW_1}+2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

oder

(277) (B) $$W=\frac{L}{CW_1}-2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ist. Besteht dagegen statt (272) die Ungleichheit

(278) $$\sqrt{\frac{L}{C}}<2W_1,$$

so ergiebt sich aperiodische Ladung von der Art (A), falls

(279) (A) $$W > \frac{L}{C W_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

und periodische Ladung, wenn

(280) $$W < \frac{L}{C W_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ist. Aperiodische Ladung von der Art (B) kommt jetzt nicht vor.

Wenn schliesslich W_1 als veränderlicher Parameter genommen wird, so erhält man, mit der Annahme

(281) $$W > 2\sqrt{\frac{L}{C}},$$

aperiodische Ladung, wenn

(282) (A) $$W_1 > \frac{L}{C} \frac{1}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

oder

(283) (B) $$W_1 < \frac{L}{C} \frac{1}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

ist, und periodische Ladung, falls die Ungleichheiten

(284) $$\frac{L}{C} \frac{1}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} < W_1 < \frac{L}{C} \frac{1}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

bestehen. Ist dagegen

(285) $$W < 2\sqrt{\frac{L}{C}},$$

so folgt aperiodische Ladung von der Art (B) für

(286) (B) $$W_1 < \frac{L}{C} \frac{1}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

und periodische Ladung für

(287) $$W_1 > \frac{L}{C} \frac{1}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}.$$

Aus dem Obigem ist auch ohne weiteres ersichtlich, unter welchen Bedingungen zwei Uebergangsfälle existiren, und wann nur ein Uebergangsfall vorhanden ist.

21. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen, d. h. wenn für $t = 0$, $\Pi = \Pi_0$ und $J = C\frac{d\Pi}{dt} = J_0$ sein soll, ergeben sich jetzt aus (64), (65) und (66) p. 62 die Formelsysteme

$$(288)\quad \begin{cases} \Pi = E-(E-\Pi_0)e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c-\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1+W}{CWW_1^2}(E-\Pi_0)e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c+\dfrac{W_1}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(289)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1+W}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{1}{LC}J_0 e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t. \end{cases}$$

$$(290)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E-\Pi}{W_1} = \dfrac{E-\Pi_0}{W_1}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c-\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_1+W}{CWW_1^2}(E-\Pi_0)e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit den gewöhnlichen Bezeichnungen

$$(291)\qquad \lambda_1 = a+\sqrt{a^2-b};\quad \lambda_2 = a-\sqrt{a^2-b}$$

bekommt man aus (68), (69) und (70) p. 63

$$(292)\quad \begin{cases} \Pi = E+\dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{1}{CW}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{1}{CW}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(293)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(294)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{1}{W_1}\dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{1}{CW}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{1}{CW}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_1+W}{CWW_1^2}\dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen, wobei für $t=0$

$$\Pi=0;\quad \frac{d\Pi}{dt}=\frac{E}{CW_1}$$

ist, ergiebt sich aus den entsprechenden Formelsystemen im Art. 5, II p. 63

$$(295)\quad \begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}=\dfrac{E}{W_1}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c+\dfrac{W_1}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=\dfrac{E}{LW_1^2}e^{-at}\left\{\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)+\dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(296)\quad \begin{cases} i=\dfrac{E}{L}e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t, \\ \dfrac{di}{dt}=\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(297)\quad \begin{cases} i_1=\dfrac{E}{W_1}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt}=-\dfrac{E}{CW_1^2}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{c+\dfrac{W_1}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit den Bezeichnungen (291) nehmen diese Formeln folgendes Aussehen an.

$$(298)\quad \begin{cases} \Pi = E\left\{1-\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}=\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=-\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(299)\quad \begin{cases} i=-\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt}=\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(300)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

22. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion kann in diesem und den folgenden Artikeln ganz kurz geführt werden, indem sie Resultate giebt, welche von den etwas allgemeineren, in den Art. 6, 7, 8 und 9 gefundenen Resultaten nicht wesentlich verschieden sind.

Es ist in dem Falle (A) die Grösse

$$(301)\qquad 2c = \frac{\left\{\sqrt{W_1(W_1+W)}+W_1\right\}\left\{\sqrt{W_1(W_1+W)}-W_1\right\}}{LW_1}-\frac{L}{C}$$

positiv. Die Ausdrücke

$$(302)\qquad \begin{cases} \lambda_1-\dfrac{W}{L} = -c+\sqrt{c^2-\dfrac{1}{LC}}, \\ \lambda_2-\dfrac{W}{L} = -c-\sqrt{c^2-\dfrac{1}{LC}} \end{cases}$$

sind negativ, und die Gl. $\frac{d\Pi}{dt}=0$ hat folglich keine positive Wurzel t.

Das Potential Π nimmt fortwährend zu, von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe E. Die Π-Curve besitzt keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J nimmt ab, von dem Werthe J_0, für $t=0$, zu dem Werthe Null, für $t=\infty$.

Die Stromstärke i_1 nimmt beständig ab, und zwar von dem Werthe

$$\frac{E-\Pi_0}{W_1}=\frac{W}{W_1+W}J_0,$$

für $t=0$, zu dem Werthe Null, für $t=\infty$. Es kommt folglich nur der letztere im Art. 6, II untersuchte Fall des Verhaltens von i_1 hier in Betracht.

Die Stromstärke i nimmt ebenfalls immer ab, von dem Anfangswerthe

$$\frac{W_1}{W_1+W}J_0=\frac{E-\Pi_0}{W}$$

zu Null.

Die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ wächst zuerst von Null zu dem für

$$(303)\qquad t=t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

hervorgehenden Maximum

(304) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{W}\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-at_1}$$

und nimmt dann stets ab, bis zu dem $t=\infty$ angehörenden Werthe Null.

23. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ist jetzt c negativ und die Gl. $\frac{d\Pi}{dt}=0$ besitzt die positive Wurzel

(305) $$t_3 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}}.$$

Das Potential Π nimmt von dem $t=0$ angehörenden Werthe Π_0 zu bis zu dem für $t=t_3$ eintretenden Maximum

(306) $$\Pi_{\max} = E+\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-at_3}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem Werthe E, für $t=\infty$. Der Abscisse

(307) $$t_4 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)} = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Der Strom J fängt mit dem Werthe J_0 an, nimmt ab, ändert zur Zeit t_3 seinen Sinn vom positiven zum negativen, nimmt weiter ab, algebraisch verstanden, erreicht für $t=t_4$ das Minimum

(308) $$J_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\,J_0\,e^{-at_4}$$

und wächst dann, bisdem er für $t=\infty$ gleich Null wird.

Die Stromstärke i_1 wird durch den Ausdruck $\frac{E-\Pi}{W_1}$ dargestellt. Sie ist gleich $\frac{E-\Pi_0}{W_1}$ für $t=0$, nimmt ab, ändert ihr Zeichen zur Zeit

(309) $$t = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_2-\frac{W_1+W}{W_1}\frac{1}{CW}}{\lambda_1-\frac{W_1+W}{W_1}\frac{1}{CW}},$$

nimmt ferner ab, erreicht zur Zeit t_3 das negative Minimum

(310) $$(i_1)_{\min} = -\frac{1}{WW_1}\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-at_3},$$

und wächst alsdann zu Null, welcher Werth für $t=\infty$ angenommen wird.

Die Stromstärke i und die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich genau wie im Falle (A).

24. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es sind in diesem Falle

$$(311)\qquad \begin{cases} \lambda_1 - \frac{W_1+W}{L} = CW_1\lambda_1\left(\lambda_1 - \frac{W}{L}\right) \\ \lambda_2 - \frac{W_1+W}{L} = CW_1\lambda_2\left(\lambda_2 - \frac{W}{L}\right) \end{cases}$$

negativ, weil $\lambda_1 - \frac{W}{L}$ und $\lambda_2 - \frac{W}{L}$ nach (302) negativ sind. Hieraus folgt, dass die Gl. $\frac{d\Pi}{dt} = 0$ keine positive Wurzel besitzt. Das Potential Π nimmt stetig zu, von dem Werthe Null, für $t=0$, zu dem Werthe E, für $t=\infty$.

Jenachdem

$$(312)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < W_1$$

oder

$$(313)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > W_1$$

ist, hat die Π-Curve einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$(314)\qquad t_0 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L} - \lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L} - \lambda_2\right)}$$

oder keinen Inflexionspunkt.

Wenn die Ungleichheit (312) erfüllt ist, so bleibt J positiv, wächst von dem Anfangswerthe $\frac{E}{W_1}$ zu dem $t=t_0$ angehörenden Maximum

$$(315)\qquad J_{\max} = E\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\alpha t_0},$$

und nimmt dann bis zu dem $t=\infty$ entsprechenden Werthe Null ab.

Ist dagegen die Ungleichheit (313) erfüllt, so nimmt J beständig ab, zwischen denselben Endwerthen wie früher.

Die Stromstärke i_1 nimmt fortwährend ab, von dem Anfangswerthe $\frac{E}{W_1}$ zu dem Endwerthe Null.

Die Stromstärke i bleibt positiv und wächst von Null an, für $t=0$, zu dem der Zeit

(316) $$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

angehörenden grössten Werthe

(317) $$i_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-at_1},$$

um alsdann in der folgenden Zeit, von $t = t_1$ zu $t = \infty$ wieder bis Null zu sinken.

Die E. M. K. der Selbstinduktion ist zur Zeit $t = 0$ negativ und gleich $-E$, wächst, ändert ihren Sinn zur Zeit t_1, erreicht für $t = 2t_1$ das Maximum

(318) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = Ee^{-2at_1}$$

und sinkt dann bis Null ab, welcher Werth für $t = \infty$ eintritt.

25. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Aus (302) und (311) wird jetzt gefolgert, dass die Gl. $\frac{d\Pi}{dt} = 0$ eine positive Wurzel besitzt, und zwar ist diese

(319) $$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}}.$$

Das Potential Π wächst von Null an, nimmt für

(320) $$t = t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}}$$

den Werth E an und erreicht zur Zeit t_4 den grössten Werth

(321) $$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} e^{-at_4}\right\}.$$

Nachher nimmt Π ab und wird gleich E für $t = \infty$. Zwischen $t = t_4$ und $t = \infty$ liegt ein Inflexionspunkt der Π-Curve, mit der Abscisse

(322) $$t_5 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}\right)}.$$

Die Stromstärke J hat für $t = 0$ den Werth $\frac{E}{W_1}$, nimmt ab, ändert Zeichen für $t = t_4$, nimmt ferner ab, erreicht zur Zeit t_5 das Minimum

(323) $$J_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-at_2},$$

fängt an zu wachsen und wird schliesslich gleich Null für $t = \infty$.

Die Stromstärke i_1 fängt an mit dem $t = 0$ angehörenden Werthe $\frac{E}{W_1}$, nimmt ab, ändert Zeichen zur Zeit t_2, erreicht für $t = t_4$ das negative Minimum

(324) $$(i_1)_{\min} = -\frac{E e^{-at_4}}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}$$

und wächst dann zu Null, welcher Werth für $t = \infty$ folgt.

Die Stromstärke i und die E. M. K. der Selbstinduktion verhalten sich wie im Falle (A).

26. **Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen.** Auf die Formeln im Art. 10, II zurückgreifend, findet man, indem W_2 gleich Null gesetzt wird, aus (117) und (118) p. 74

(325) $$a = \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}} \frac{1}{LC},$$

(326) $$c = \pm \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

wobei das obere oder untere Zeichen gilt, jenachdem die Ladungsart (A) oder die Ladungsart (B) betrachtet wird.

Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen folgt aus den Formeln (119)···(124) p. 75, indem immer noch das obere Zeichen für die Ladungsart (A), das untere Zeichen für die Ladungsart (B) gelten soll,

(327) $$\begin{cases} \Pi = E - (E - \Pi_0) e^{-at} \left\{1 \pm \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}} \frac{t}{CW}\right\}, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at} \left\{1 \pm \frac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} = -\frac{J_0}{CW_1} e^{-at} \left\{1 \pm \frac{\sqrt{W_1(W_1+W)}}{L} t\right\}. \end{cases}$$

(328) $$\begin{cases} i = \frac{W}{W_1+W} J_0 e^{-at} \left\{1 + \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}} \frac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \frac{di}{dt} = -\frac{J_0}{LC} e^{-at} t. \end{cases}$$

$$(329)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{W_1+W} J_0 e^{-\alpha t}\left\{1 \pm \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1}}\, \dfrac{t}{CW}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{CW_1} e^{-\alpha t}\left\{1 \pm \dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man aus den Formeln (125)$\cdots$(130), mit derselben Vereinbarung in Bezug auf die Zeichen,

$$(330)\qquad \begin{cases} \Pi = E\left\{1 - e^{-\alpha t}\left(1 \pm \dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1} e^{-\alpha t}\left\{1 \pm \dfrac{\sqrt{W_1(W_1+W)}}{L} t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \pm\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1}}\, \dfrac{E}{LW_1} e^{-\alpha t}\left\{\left(W_1 \mp \sqrt{\dfrac{L}{C}}\right) - \sqrt{W_1(W_1+W)}\, \dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(331)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{E}{L} e^{-\alpha t} t. \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\left\{1 - \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1}}\, \dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(332)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1} e^{-\alpha t}\left\{1 \pm \dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{CW_1^2} e^{-\alpha t}\left\{1 \pm \dfrac{\sqrt{W_1(W_1+W)}}{L} t\right\}. \end{cases}$$

Wir überspringen die Discussionen der Ladung in den besonderen Uebergangsfällen. Die obigen Formelsysteme liefern ohne jede Schwierigkeit die Antwort auf die Frage des Verhaltens der Grössen Π, J, i und i_1, sowie $-L\dfrac{di}{dt}$.

27. **Formeln für die periodische Ladung.** Die hier aufzustellenden Formeln ergeben sich aus den Formeln im Art. 15, II, p. 80 etc., indem $W_2 = 0$ gesetzt wird. Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen folgt aus den Systemen (158 a), (159 a) und (160 a)

$$(333)\qquad \begin{cases} \Pi = E - (E - \Pi_0) e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{CW_1} e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t + \theta)}{\cos\theta}. \end{cases}$$

$$(334)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{W_1 + W} J_0 e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin \omega}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{J_0}{LC} e^{-at} \dfrac{\sin \beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{J_0}{LC} e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin \omega}. \end{cases}$$

$$(335)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E - \Pi_0}{W_1} e^{-at} \dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos \varphi}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{CW_1} e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin \psi}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man aus den Formeln (161 a), (162 a) und (163 a) die Systeme

$$(336)\qquad \begin{cases} \Pi = E\left\{1 - e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin \psi}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1} e^{-at} \dfrac{\cos(\beta t + o)}{\cos o}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1^2 - \dfrac{L}{C}}{LW_1^2} E e^{-at} \dfrac{\cos(\beta t + \vartheta)}{\cos \vartheta}. \end{cases}$$

$$(337)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{E}{L} e^{-at} \dfrac{\sin \beta t}{\beta}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{L} e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin \omega}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \left(\dfrac{W}{L} + \dfrac{1}{CW_1}\right) \dfrac{E}{L} e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t - 2\omega)}{\sin 2\omega}. \end{cases}$$

$$(338)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1} e^{-at} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin \psi}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{CW_1^2} e^{-at} \dfrac{\cos(\beta t + o)}{\cos o}. \end{cases}$$

Die Bedeutung von β und den verschiedenen Phasenwinkeln in den obigen Formeln ist die folgende:

$$(339)\qquad \beta = \sqrt{b - a^2},$$

$$(340)\qquad \begin{cases} \sin \varphi = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}}\, CW\left(c - \dfrac{1}{CW}\right), \\ \cos \varphi = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}}\, CW\sqrt{b - a^2}. \end{cases}$$

$$\text{(341)}\qquad \begin{cases} \sin\psi = \sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\psi = \sqrt{LC}\,c. \end{cases}$$

$$\text{(342)}\qquad \begin{cases} \sin\sigma = -\dfrac{L}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\left(c+\dfrac{W_1}{L}\right), \\ \cos\sigma = \dfrac{L}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$\text{(343)}\qquad \begin{cases} \sin\omega = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\omega = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{LC}\,a. \end{cases}$$

$$\text{(344)}\qquad \begin{cases} \sin\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1(W_1+W)}\left\{a\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)+\dfrac{W_1+W}{C}\right\}, \\ \cos\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1(W_1+W)}\left(W_1^2-\dfrac{L}{C}\right)\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

Es bestehen die Relationen

$$\varphi+\psi = \sigma-\psi+\tau = \vartheta-\sigma-\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{2}-\omega.$$

Für die Oscillationszeit der Schwingungen der Ladung hat man die Ausdrücke

$$\text{(345)}\qquad T=\frac{2\pi}{\beta}=\frac{2\pi}{\sqrt{b-a^2}}=2\pi\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{\left(WW_1+\frac{L}{C}\right)^2}{W_1(W_1+W)}}},$$

und für das logaritmische Decrement bei der Dämpfung der Schwingungen ergiebt sich der Werth

$$\text{(346)}\qquad \alpha=a\frac{T}{2}=\pi\frac{a}{\beta}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{\left(WW_1+\frac{L}{C}\right)^2}{W_1(W_1+W)}}}.$$

28. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Bei der Discussion des Potentiales Π und der Stromstärken sind folgende Intervalle der Grössen φ, ψ, σ und ω zu beachten.

$$\text{(347)}\qquad \begin{cases} -\dfrac{\pi}{2}<\varphi<\dfrac{\pi}{2}, \\ 0<\psi<\pi, \\ \dfrac{\pi}{2}<\sigma<\dfrac{3\pi}{2}, \\ 0<\omega<\dfrac{\pi}{2}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt in der Weise an, dass zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. kommt. Die Bestimmung der Extreme, der Inflexionspunkte etc. ergiebt sich unmittelbar aus den Formeln im Art. 16, II, p. 84.

Die Maxima gehören den Zeiten

$$t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{348}$$

an, und haben die Werthe

$$\Pi_{\max} = E + \frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}(E - \Pi_0)\, e^{-\alpha t'}. \tag{349}$$

Die Minima kommen vor zu den Zeiten

$$t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots), \tag{350}$$

und sind

$$\Pi_{\min} = E - \frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}(E - \Pi_0)\, e^{-\alpha t''}. \tag{351}$$

Die Bedingung dafür, dass die n-ersten Minima negativ seien, ist

$$\frac{1}{\alpha T}\log\left\{\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{E - \Pi_0}{E}\right\} + \frac{\psi}{2\pi} > n. \tag{352}$$

Die Achse der Schwingungen wird von der Schwingungscurve in Punkten mit den Abscissen

$$t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{353}$$

geschnitten. Zu einer Zeit $t^{(5)}$ ist $\Pi = E$.

Die Stromstärke J ist gleich Null zu den Zeiten t' und t'', hat zu den Zeiten

$$t''' = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots) \tag{354}$$

ihre Maxima

$$J_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}}\, J_0\, e^{-\alpha t'''} \tag{355}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(4)} = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{356}$$

ihre Minima

$$J_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}}\, J_0\, e^{-\alpha t^{(4)}}. \tag{357}$$

Für $t = t'''$ und $t = t^{(4)}$ zeigt die Π-Curve Inflexionspunkte.

Die Stromstärke i_1 ist gleich Null zu den Zeiten $t^{(5)}$, hat für $t = t''$ die Maxima

$$(i_1)_{\max} = \frac{1}{W W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}(E - \Pi_0)\, e^{-\alpha t''} \tag{358}$$

und für $t = t'$ die Minima

$$(i_1)_{\min} = -\frac{1}{W W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\,(E - \Pi_0)\,e^{-\alpha t'}. \tag{359}$$

Die Stromstärke i ist gleich Null zu den Zeiten

$$t^{(9)} = \left(n + 1 - \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{360}$$

erreicht zu den Zeiten

$$t^{(10)} = 2n\,\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{361}$$

ihre grössten Werthe

$$i_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W}\,J_0\,e^{-\alpha t^{(10)}} \tag{362}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(11)} = (2n+1)\,\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{363}$$

ihre kleinsten Werthe

$$i_{\min} = -\frac{W_1}{W_1 + W}\,J_0\,e^{-\alpha t^{(11)}}. \tag{364}$$

Die E. M. K. der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ ist Null zu den Zeiten $t^{(10)}$ und $t^{(11)}$, hat zu den Zeiten

$$t^{(12)} = \left(2n + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{365}$$

die Maxima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{W}\sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,(E - \Pi_0)\,e^{-\alpha t^{(12)}} \tag{366}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(13)} = \left(2n + 1 + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots), \tag{367}$$

die Minima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{1}{W}\sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,(E - \Pi_0)\,e^{-\alpha t^{(13)}}. \tag{368}$$

29. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Ausser den Ungleichheiten (347) darf man beachten, dass entweder die Bedingungen

$$W_1 > \sqrt{\frac{L}{C}};\quad 0 < \vartheta < \frac{\pi}{2} \tag{369 a}$$

oder die Bedingungen

$$W_1 < \sqrt{\frac{L}{C}};\quad \frac{\pi}{2} < \vartheta < 3\,\frac{\pi}{2} \tag{369 b}$$

zusammen bestehen.

Die Maxima von Π kommen vor zu den Zeiten

$$t' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots), \tag{370}$$

und sind

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}}\, e^{-\alpha t'}\right\}, \tag{371}$$

die Minima gehören den Zeiten

$$t'' = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{372}$$

an und haben die Werthe

$$\Pi_{\min} = E\left\{1 - \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}}\, e^{-\alpha t''}\right\}. \tag{373}$$

Π ist gleich E zu den Zeiten

$$t^{(5)} = \left(n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots). \tag{374}$$

Wenn die Bedingung (369 a) erfüllt ist, so kommt nach dem Anfangspunkte der Π-Curve zuerst ein Inflexionspunkt, dann ein Maximum, ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Diejenigen Inflexionspunkte, in welchen die Stromstärke J ein Maximum ist, sind alsdann

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{375}$$

und man hat

$$J_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha t'''}. \tag{376}$$

Für die übrigen Inflexionspunkte sind die Abscissen

$$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{377}$$

und die entsprechende Stromstärke hat den Werth

$$J_{\min} = -\sqrt{\frac{C}{L}}\, E\, e^{-\alpha t^{(4)}}. \tag{378}$$

Ist die Bedingung (369 b) erfüllt, so kommt bei der Π-Curve zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Es bestehen die Ausdrücke (375)···(378) unverändert, nur dass in (375) zu nehmen ist

$$(n = 1, 2, 3\cdots). \tag{375 a}$$

Zu den Zeiten t' und t'' ändert der Strom J seinen Sinn.

Die Stromstärke i_1 ist gleich Null zu den Zeiten $t^{(5)}$, hat zu den Zeiten t'' die Maxima

(379) $$(i_1)_{\max} = \frac{E}{\sqrt{W_1(W_1+W)}} e^{-\alpha t''}$$

und zu den Zeiten t' die Minima

(380) $$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{W_1(W_1+W)}} e^{-\alpha t'}.$$

Die Stromstärke i ist gleich Null, wenn

(381) $$t^{(9)} = n\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots)$$

ist, hat zu Zeiten

(382) $$t^{(10)} = \left(2n+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots),$$

ihre grössten Werthe

(383) $$i_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha t^{(10)}},$$

und zu den Zeiten

(384) $$t^{(11)} = \left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots),$$

ihre kleinsten Werthe

(385) $$i_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha t^{(11)}}.$$

Was die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{di}{dt}$ betrifft, so ist sie Null, wenn $t = t^{(10)}$ oder $t^{(11)}$ ist, hat zu den Zeiten

(386) $$t^{(12)} = \left(2n+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots),$$

als grösste Werthe

(387) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = E\,e^{-\alpha t^{(12)}}$$

und zu den Zeiten

(388) $$t^{(13)} = \left(2n+1+\frac{2\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots)$$

als kleinste Werthe

(389) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -E\,e^{-\alpha t^{(13)}}.$$

30. **Die Periode T als Function von W, W_1, C und L.** Aus den Gleichungen (227) $\cdots$ (231) ergiebt sich jetzt, mit $W_2 = 0$,

(390) $$4\pi^2\frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W} = \frac{1}{2L^2W_1}\left\{\frac{L}{C} - WW_1\right\},$$

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W_1} = \frac{1}{2LCW_1^3}\left\{\frac{L}{C} - WW_1\right\}, \tag{391}$$

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial C} = \frac{-1}{2LC^2W_1^2}\left\{W_1(2W_1+W) - \frac{L}{C}\right\}, \tag{392}$$

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial L} = \frac{-1}{2L^3W_1}\left\{(2W_1+W)\frac{L}{C} - W^2W_1\right\}. \tag{393}$$

Wenn W allein veränderlich ist, so erreicht T für

$$W = \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} \tag{394}$$

das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi\sqrt{LC}. \tag{395}$$

Dasselbe Minimum ergiebt sich mit veränderlichem W_1 für

$$W_1 = \frac{1}{W}\frac{L}{C}. \tag{396}$$

In Bezug auf C hat T für

$$C = \frac{L}{W_1(2W_1+W)} \tag{397}$$

das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi\frac{L}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}, \tag{398}$$

und in Bezug auf L für

$$L = C\frac{W^2W_1}{2W_1+W} \tag{399}$$

das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}CW. \tag{400}$$

31. **Das Decrement α als Function von W, W_1, C und L.** Aus den Untersuchungen im Art. 19, II ergeben sich jetzt folgende Schlüsse.

Wenn die Bedingung

$$\frac{L}{C} > 2W_1^2 \tag{401}$$

erfüllt ist, so zeigt α für ein veränderliches W für den Werth

$$W = \frac{1}{W_1}\left\{\frac{L}{C} - 2W_1^2\right\} \tag{402}$$

das Minimum

$$\alpha_{\min} = \pi\frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W_1^2}}{W_1}. \tag{403}$$

Mit W_1 veränderlich folgt, falls die Bedingung

(404 a) $$2\frac{L}{C} < W^2$$

erfüllt wird, für

(404 b) $$W_1 = \frac{W\frac{L}{C}}{W^2 - 2\frac{L}{C}}$$

das Minimum

(404 c) $$\alpha_{\min} = \pi \frac{\sqrt{W^2 - \frac{L}{C}}}{\sqrt{\frac{L}{C}}}.$$

Wenn die Bedingung (401) nicht erfüllt ist, so wächst α immer mit wachsendem W. Gilt statt (404 a) die Ungleichheit $2\frac{L}{C} > W^2$, so nimmt α mit wachsendem W_1 beständig ab.

In Bezug auf C und L kommt ein Minimum von α vor, wenn die Gleichung

(405) $$\frac{L}{C} = W_1 W$$

befriedigt ist, und zwar hat man

(406) $$\alpha_{\min} = \pi \sqrt{\frac{W}{W_1}}.$$

II b. Anordnung wie im Absch. II, mit der ferneren Bestimmung W_2 klein.

32. **Bezeichnungen. Charakter der Ladung.** Mit der Bezeichnung „W_2 klein" soll verstanden werden, dass die Verhältnisse

$$\frac{W_2}{W},\ \frac{W_2}{W_1},\ \frac{W_2}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \tag{407}$$

so klein sind, dass man berechtigt ist, ihre Quadrate gleich Null zu setzen.

$$\left(\frac{W_2}{W}\right)^2 = 0;\ \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 = 0;\ W_2^2\frac{C}{L} = 0. \tag{408}$$

Alsdann bestehen in der Hauptsache die Untersuchungen im Abschn. II a, nur erscheinen gewisse Correctionsglieder, welche proportional W_2 sind.

Zwischen H und P besteht die allgemeine Relation (6), II p. 52

$$P = \Pi - E + W_2 C\frac{d\Pi}{dt}; \tag{409}$$

die Constanten $2a$ und b in der Diff. gl. (263) sowie $2c$, welche jetzt mit $2a'$, b' und $2c'$ bez. bezeichnet werden sollen, während die alten Bezeichnungen $2a$, b und $2c$ auf die entsprechenden Grössen im Abschn. II a bezogen werden, haben die Werthe

$$\left\{\begin{aligned} 2a' &= \left(\frac{W}{L} + \frac{1}{CW_1}\right) + \frac{W_2}{W_1}\left(\frac{W_1}{L} - \frac{1}{CW_1}\right) = 2a + \frac{W_2}{W_1}\left(\frac{W_1}{L} - \frac{1}{CW_1}\right), \\ 2c' &= \left(\frac{W}{L} - \frac{1}{CW_1}\right) + \frac{W_2}{W_1}\left(\frac{W_1}{L} + \frac{1}{CW_1}\right) = 2c + \frac{W_2}{W_1}\left(\frac{W_1}{L} + \frac{1}{CW_1}\right), \\ b' &= \frac{W_1 + W}{W_1}\frac{1}{LC}\left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right) = b\left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right). \end{aligned}\right. \tag{410}$$

Ferner ist:

$$\sqrt{a'^2 - b'} = \sqrt{a^2 - b} + \frac{1}{4\sqrt{a^2 - b}}\frac{W_2}{W_1}\frac{1}{L^2}\left\{WW_1 + \frac{3W_1 + W}{W_1}\frac{L}{C} - \frac{1}{W_1^2}\frac{L^2}{C^2}\right\}. \tag{411 a}$$

$$\sqrt{b' - a'^2} = \sqrt{b - a^2} - \frac{1}{4\sqrt{b - a^2}}\frac{W_2}{W_1}\frac{1}{L^2}\left\{WW_1 + \frac{3W_1 + W}{W_1}\frac{L}{C} - \frac{1}{W_1^2}\frac{L^2}{C^2}\right\}. \tag{411 b}$$

Die Ladung ist aperiodisch von der Art (A), wenn die Ungleichheit

(412) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{W_1(W_1+W_2)} - W_1 + \frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}}$$

erfüllt ist, aperiodisch von der Art (B), falls

(413) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{W_1(W_1+W_2)} + W_1 + \frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}}$$

ist, und oscillirend, wenn die Bedingungen

(414) $$\sqrt{W_1(W_1+W_2)} - W_1 + \frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}} < \sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{W_1(W_1+W_2)} + W_1 + \frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}}$$

erfüllt sind.

Andere Formen derselben Bedingungen sind die folgenden: Vorausgesetzt, dass die Relation

(415) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > 2W_1\left\{1+\frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{C}{L}}\right\}$$

besteht, so ergiebt sich aperiodische Ladung, wenn eine der Ungleichheiten

(416) (A) $$W > \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1+\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2$$

(417) (B) $$W < \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} - 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1-\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2$$

erfüllt ist, und periodische Ladung, falls die Ungleichheiten

(418) $$\frac{1}{W_1}\frac{L}{C} - 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1-\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2 < W < \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1+\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2$$

gelten.

Ist die Bedingung (415) nicht erfüllt, sondern hat man

(419) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < 2W_1\left\{1+\frac{1}{2}W_2\sqrt{\frac{C}{L}}\right\},$$

so existirt aperiodische Ladung von der Form (A), falls

(420) (A) $$W > \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1+\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2$$

ist, und periodische Ladung, wenn die Ungleichheit

(421) $$W < \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\left\{1+\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\}^2$$

besteht. Die aperiodische Ladung von der Art (B) ist jetzt ausgeschlossen.

Betrachtet man W_1 als veränderlichen Parameter, so bekommt man mit der Annahme

(422) $$W > 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2$$

aperiodische Ladung, wenn

(423) (A) $$W_1 > \frac{\frac{L}{C}}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

oder

(424) (B) $$W_1 < \frac{\frac{L}{C}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

ist, und periodische Ladung, falls die Ungleichheiten

(425) $$\frac{\frac{L}{C}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2 < W_1 < \frac{\frac{L}{C}}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

bestehen.

Dagegen hat man mit der Annahme

(426) $$W < 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2$$

aperiodische Ladung von der Form (B), falls

(427) (B) $$W_1 < \frac{\frac{L}{C}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

ist, und periodische Ladung, wenn der Ungleichheit

(428) $$W_1 > \frac{\frac{L}{C}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W_2\left(\frac{W + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

genügt wird. Aperiodische Ladung von der Form (A) ist nicht vorhanden.

Aus dem Obigen ist unmittelbar ersichtlich, wann Uebergangsfälle existiren. Es werden die Uebergangsfälle in diesem Abschnitt nicht in Betracht gezogen.

33. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Es könnten für die Untersuchung der aperiodischen Ladung Formeln entwickelt werden, welche sich von den im Abschn. II a eingehenden Formeln (288)···(300) nur durch ein W_2 enthaltendes Zusatzglied unterscheiden würden. Solche Formeln würden jedenfalls sehr lang und ziemlich unbequem für die praktische Verwerthung sein. Wir wollen deshalb eine

derartige Entwickelung nur in einem Falle ausführen, nämlich für die erste Formel des Systemes (68), II, p. 63. Es ist, indem die auf Abschn. II, b bezogenen Grössen durch einen Strich von den auf Abschn. II a sich beziehenden entsprechenden Grössen unterschieden werden,

$$(429)\qquad \begin{cases} W_g' = W_g + W_2 = \dfrac{W W_1}{W_1 + W} + W_2 , \\ \dfrac{1}{W_g'} = \dfrac{1}{W_g} - \dfrac{W_2}{W_g^2} = \dfrac{W_1 + W}{W W_1} - W_2 \left(\dfrac{W_1 + W}{W W_1}\right)^2 . \end{cases}$$

$$(430)\qquad \begin{cases} \lambda_1' = a' + \sqrt{a'^2 - b'} = \lambda_1 - \dfrac{W_2}{4 L W_1^2} \left\{ 2 \left(\dfrac{L}{C} - W_1^2\right) + \dfrac{1}{L W_1 \sqrt{a^2 - b}} \left[\left(\dfrac{L}{C} - W W_1\right) \left(\dfrac{L}{C} - 3 W_1^2\right) - 4 W W_1^3 \right] \right\} , \\ \lambda_2' = a' - \sqrt{a'^2 - b'} = \lambda_2 - \dfrac{W_2}{4 L W_1^2} \left\{ 2 \left(\dfrac{L}{C} - W_1^2\right) - \dfrac{1}{L W_1 \sqrt{a^2 - b}} \left[\left(\dfrac{L}{C} - W W_1\right) \left(\dfrac{L}{C} - 3 W_1^2\right) - 4 W W_1^3 \right] \right\} . \end{cases}$$

Man setze

$$(431)\qquad \begin{cases} \varepsilon_1 = \dfrac{W_2}{4 L W_1^2} \left\{ 2 \left(\dfrac{L}{C} - W_1^2\right) + \dfrac{1}{L W_1 \sqrt{a^2 - b}} \left[\left(\dfrac{L}{C} - W W_1\right) \left(\dfrac{L}{C} - 3 W_1^2\right) - 4 W W_1^3 \right] \right\} , \\ \varepsilon_2 = \dfrac{W_2}{4 L W_1^2} \left\{ 2 \left(\dfrac{L}{C} - W_1^2\right) - \dfrac{1}{L W_1 \sqrt{a^2 - b}} \left[\left(\dfrac{L}{C} - W W_1\right) \left(\dfrac{L}{C} - 3 W_1^2\right) - 4 W W_1^3 \right] \right\} , \end{cases}$$

und bekommt

$$(432)\qquad \begin{cases} \lambda_1' = \lambda_1 - \varepsilon_1 , \\ \lambda_2' = \lambda_2 - \varepsilon_2 . \end{cases}$$

Ferner folgt

$$(433)\qquad \begin{cases} e^{-\lambda_1' t} = e^{-\lambda_1 t} (1 + \varepsilon_1 t) , \\ e^{-\lambda_2' t} = e^{-\lambda_2 t} (1 + \varepsilon_2 t) , \end{cases}$$

und die erste Gl. (68) p. 63 nimmt die Form an

$$(434)\qquad \Pi = E + \frac{E - \Pi_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \left\{ \left[\left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{C W W_1}\right) (1 + \varepsilon_1 t) + \nu \right] e^{-\lambda_1 t} - \left[\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{C W W_1}\right) (1 + \varepsilon_2 t) + \nu \right] e^{-\lambda_2 t} \right\} ,$$

wobei gesetzt worden ist:

$$(435)\qquad \nu = \frac{1}{4 L C^2 (a^2 - b)} \frac{W_2 (W_1 + W)}{W^2 W_1^3} \left\{ \frac{L}{C} - W_1 (3 W + 4 W_1) \right\} .$$

Im Folgenden sollen die Entwickelungen nicht soweit geführt werden wie in der Formel (434), sondern werden die Bezeichnungen λ_1' und λ_2' bei der Aufstellung der allgemeinen Formeln beibehalten. Erst bei der Berechnung der ausgezeichneten Zeitpunkte, welche Maxima von Π, extreme Werthe der Stromstärken u. s. w. geben, wird die Separation der mit W_2 proportionalen Glieder wirklich durchgeführt.

Aus den Systemen (68), (69) und (70) p. 63 folgt in dem jetzt betrachteten Falle, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen,

$$(436)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_2' - \dfrac{W_1+W}{CWW_1} + \dfrac{W_2}{C}\left(\dfrac{W_1+W}{WW_1}\right)^2\right]e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_1' - \dfrac{W_1+W}{CWW_1} + \dfrac{W_2}{C}\left(\dfrac{W_1+W}{WW_1}\right)^2\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_1' - \dfrac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_2' - \dfrac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left(\lambda_1' - \dfrac{W+W_2}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left(\lambda_2' - \dfrac{W+W_2}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(437)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_2' e^{-\lambda_1' t} - \lambda_1' e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{LC}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1' t} - e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(438)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{W}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_2' - \dfrac{W_1+W}{CWW_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_1' - \dfrac{W_1+W}{CWW_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{1}{CW_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\dfrac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left(\lambda_1' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \left(\lambda_2' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich aus den Systemen (74), (75) und (76) p. 64

$$(439)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_2' - \dfrac{1}{CW_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_1' - \dfrac{1}{CW_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\dfrac{1}{W_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{\left[\lambda_1' - \dfrac{W_1+W}{L}\right]e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_2' - \dfrac{W_1+W}{L}\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\dfrac{1}{W_1}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{\lambda_1'\left[\lambda_1' - \dfrac{W_1+W}{L}\right]e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left[\lambda_2' - \dfrac{W_1+W}{L}\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(440)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{e^{-\lambda_1' t} - e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{\lambda_1' e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2' e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(441)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{\left(\lambda_1' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \left(\lambda_2' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\left\{\lambda_1'\left(\lambda_1' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left(\lambda_2' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

34. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Was das Verhalten des Potentials Π, der Stromstärken J, i und i_1 betrifft, so gilt wörtlich das im Art. 22, II a dargelegte.

Die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ zeigt das im Art. 22 betrachtete Verhalten. Das Maximum gehört zu der Zeit

$$t_1' = \frac{1}{\lambda_1' - \lambda_2'} \log \frac{\lambda_1'}{\lambda_2'} = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \left\{ \left(1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right) \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2} - \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2} \right\} \tag{442}$$

$$= \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{4L^2(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1^3} \left[\left(\frac{L}{C} - WW_1\right)\left(\frac{L}{C} - 3W_1^2\right) - 4WW_1^3 \right] \right\} - \frac{1}{4L(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1^2} \left\{ \frac{L}{C} - W_1(W + 2W_1) \right\}.$$

und hat den Werth

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{1}{W} \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1}} \left\{ 1 - \frac{2W_1 + 3W}{2W} \frac{W_2}{W_1} \right\} \sqrt{\frac{L}{C}} (E - \Pi_0)\, e^{-a't_3'}. \tag{443}$$

35. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Was das Potential Π betrifft, so gilt das im Art. 23, II a gefundene, indem t_3 mit t_3', t_4 mit t_4' u. s. w. ersetzt wird. Es ist

$$t_3' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \left\{ \left(1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right) \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}} - \frac{\varepsilon_1 + \frac{W_2}{L}}{\lambda_1 - \frac{W}{L}} + \frac{\varepsilon_2 + \frac{W_2}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}} \right\} \tag{444}$$

$$\frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{4L^2(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1^3} \left[\left(\frac{L}{C} - WW_1\right)\left(\frac{L}{C} - 3W_1^2\right) - 4WW_1^3 \right] \right\} - \frac{W_1 + W}{2L(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1},$$

und

$$t_4' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \left\{ \left(1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right) \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}} - \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}} + \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}} \right\} = \tag{445}$$

$$\frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{4L^2(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1^3} \left[\left(\frac{L}{C} - WW_1\right)\left(\frac{L}{C} - 3W_1^2\right) - 4WW_1^3 \right] \right\} - \frac{1}{4L(a^2-b)} \frac{W_2}{W_1^2} \left(\frac{L}{C} + WW_1\right),$$

ferner

$$\Pi_{\max} = E + \frac{E - \Pi_0}{W} \sqrt{\frac{L}{C}} \left(1 - \frac{W_1 + W}{W} \frac{W_2}{W_1}\right) e^{-a't_3'}. \tag{446}$$

Der zur Zeit t_4' vorkommende kleinste Werth der Stromstärke J beträgt

$$J_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\left(1-\frac{1}{2}\frac{W_2}{W_1}\right) J_0\, e^{-a't_4'}. \tag{447}$$

Das im Art. 23 besprochene Minimum von i_1 kommt jetzt zu einer Zeit t_2' vor, welche von t_3' sehr wenig verschieden ist. Man hat

$$t_2' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}} - \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1-\frac{W}{L}} + \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2-\frac{W}{L}}\right\} = \tag{448}$$

$$= \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}}\cdot\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}$$

$$-\frac{C}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^2}\left\{\left(\frac{L}{C}\right)^2-2W_1^2\frac{L}{C}+W^2W_1^2\right\},$$

und

$$(i_1)_{\min} = -\frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\left\{1-\frac{1}{2}\frac{W_2}{W_1}-\frac{1}{2}WW_2\frac{C}{L}\right\}e^{-a't_2'}. \tag{449}$$

36. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In der Hauptsache gilt hier ähnliches mit dem im Art. 24, II a gefundenen. Es hat die *H*-Curve einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$t_0' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)} - \frac{\varepsilon_1\left(\frac{W_1}{L}-\frac{W}{L}-2\lambda_1\right)}{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)} + \frac{\varepsilon_2\left(\frac{W_1+W}{L}-2\lambda_2\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}\right\} \tag{450}$$

$$\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}\cdot\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}$$

$$-\frac{1}{2L(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^2}\left(\frac{L}{C}-W_1^2\right),$$

oder keinen Inflexionspunkt, jenachdem $\sqrt{\frac{L}{C}}$ kleiner oder grösser als W_1 ist.

Ferner hat man für J den Anfangswerth $\frac{E}{W_1}\left(1-\frac{W_2}{W_1}\right)$ und das Maximum

$$J_{\max} = E\sqrt{\frac{C}{L}}\left(1-\frac{W_2}{W_1}\right)e^{-a't_0'}. \tag{451}$$

Für $t=0$ ist $i_1=J$ und $i=0$. Die Stromstärke i besitzt das Maximum

$$i_{\max}=\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\left(1-\frac{1}{2}\frac{W_2}{W_1}\right)E\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-a't_1'}, \tag{452}$$

worin t_1' den Werth (442) bezeichnet.

Die induktionselektromotorische Kraft hat zur Zeit $2t_1'$ ihr Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\left(1-\frac{W_2}{W_1}\right)Ee^{-2a't_1'}. \tag{453}$$

37. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Das Potential Π zeigt das im Art. 25, II a auseinandergesetzte Verhalten. Der Werth E gehört zur Zeit

$$\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\frac{1}{CW_1}-\lambda_2}{\frac{1}{CW_1}-\lambda_1}-\frac{\varepsilon_1-\frac{W_2}{CW_1^2}}{\frac{1}{CW_1}-\lambda_1}+\frac{\varepsilon_2-\frac{W_2}{CW_1^2}}{\frac{1}{CW_1}-\lambda_2}\right\}=$$

$$=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\frac{1}{CW_1}-\lambda_2}{\frac{1}{CW_1}-\lambda_1}\cdot\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}-\frac{W_2(W_1+W)}{2LW_1(a^2-b)},$$

das Maximum von Π zur Zeit

$$t_4'=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}}-\frac{\varepsilon_1}{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}+\frac{\varepsilon_2}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}}\right\}= \tag{454}$$

$$=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}}\cdot\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}$$

$$-\frac{1}{4L(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^2}\left(\frac{L}{C}+WW_1\right),$$

und hat den Werth

$$\Pi_{\max}=E\left\{1+\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\left(1-\frac{1}{2}\frac{W_2}{W_1}\right)e^{-a't_4'}\right\}. \tag{455}$$

In dem absteigenden Theile der Π-Curve liegt ein Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$(456)\quad t_5' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)}-\frac{\varepsilon_1\left(2\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)}+\frac{\varepsilon_2\left(2\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)}\right\}$$

$$=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)}\cdot\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}$$

$$-\frac{1}{2L(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^2}\left(\frac{L}{C}-W_1^2\right).$$

Der Anfangswerth der Stromstärke J ist $\frac{E}{W_1}\left(1-\frac{W_2}{W_1}\right)$, ihr zur Zeit t_5' stattfindendes Minimum

$$(457)\quad J_{\min}=-\left(1-\frac{W_2}{W_1}\right)\sqrt{\frac{C}{L}}E\,e^{-a't_5'}.$$

Die Stromstärke i_1 fängt an mit demselben Werthe wie J und zeigt zur Zeit

$$(458)\quad t_3' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1+\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}-\frac{\varepsilon_1\left(2\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}+\frac{\varepsilon_2\left(2\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}\right\}=$$

$$\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}\left\{1+\frac{1}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^3}\left[\left(\frac{L}{C}-WW_1\right)\left(\frac{L}{C}-3W_1^2\right)-4WW_1^3\right]\right\}$$

$$-\frac{C}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_2}{W_1^2}\left\{2\left(\frac{L}{C}\right)^2-W_1(4W_1+W)\frac{L}{C}+W^2W_1^2\right\},$$

das Minimum

$$(459)\quad (i_1)_{\min}=-\frac{1}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\left\{1-\frac{W_2}{W_1}\left(1+\frac{1}{2}\frac{C}{L}WW_1\right)\right\}E\,e^{-a't_3'}.$$

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A).

38. **Periodische Ladung.** In ähnlicher Weise wie es für die aperiodische Ladung ausgeführt worden ist, könnte man auch sämmtliche die periodische Ladung betreffende Formeln ableiten. Die Rechnungen werden aber etwas umständlich, weshalb wir uns hier auf die beiden wichtigsten Formeln beschränken, nämlich auf die Ausdrücke für die Oscillationszeit T und das Decrement α. Diese Grössen bekommen die Werthe

(460) $$T=\frac{2\pi}{\beta'}=\frac{2\pi}{\sqrt{b'-a'^2}}=$$

$$=2\pi\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{\sqrt{LC}}{\left(WW_1+\frac{L}{C}\right)^2}}\left\{1+\frac{W_2}{W_1}\frac{1}{4L^2(b-a^2)}\left[WW_1+\frac{3W_1\cdot W}{W_1}\frac{L}{C}-\frac{1}{W_1^2}\frac{L^2}{C^2}\right]\right\},$$

$$\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{}{W_1(W_1+W)}}$$

und

(461) $$\alpha=\pi\frac{a'}{\beta'}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1(W_1+W)}\frac{1+\nu}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{}{W_1(W_1+W)}\left(WW_1+\frac{L}{C}\right)^2}},$$

mit

$$\nu=-\frac{1}{2L^2(b-a^2)}\frac{W_2(W_1+W)}{W_1^2}\frac{L}{C}\frac{\frac{L}{C}-W_1(W+2W_1)}{\frac{L}{C}+WW_1}.$$

II c. Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung: W_1 gross.

39. **Bezeichnungen. Charakter der Ladung.** Mit der Bezeichnung „W_1 gross" soll verstanden werden, dass die Grössen

$$\frac{W}{W_1},\ \frac{W_2}{W_1} \text{ und } \frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{462}$$

so klein sind, dass man berechtigt ist, ihre Quadrate gleich Null zu setzen.

$$\left(\frac{W}{W_1}\right)^2 = 0;\ \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 = 0;\ \frac{1}{W_1^2}\frac{L}{C} = 0. \tag{463}$$

Alsdann hat man in der Differentialgleichung (13), II p. 53

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a'\frac{d\Pi}{dt} + b'(\Pi - E) = 0, \tag{464}$$

$$\begin{cases} 2a' = \dfrac{W+W_2}{L} - \dfrac{1}{L}\dfrac{1}{W_1}\left(W_2^2 - \dfrac{L}{C}\right) = 2a - \dfrac{1}{L}\dfrac{1}{W_1}\left(W_2^2 - \dfrac{L}{C}\right), \\ b' = \left(1 + \dfrac{W-W_2}{W_1}\right)\dfrac{1}{LC} = b + \dfrac{W-W_2}{W_1}\dfrac{1}{LC}, \end{cases} \tag{465}$$

sowie

$$2c' = \frac{W+W_2}{L} - \frac{1}{L}\frac{1}{W_1}\left(W_2^2 + \frac{L}{C}\right) = 2c - \frac{1}{L}\frac{1}{W_1}\left(W_2^2 + \frac{L}{C}\right), \tag{466}$$

wobei die Werthe $2a$, b und $2c$ sich auf den Fall beziehen, in welchem $W_1 = \infty$ ist, d. h. auf eine unverzweigte Strombahn.

Ferner folgt jetzt

$$\begin{cases} \sqrt{a'^2 - b'} = \sqrt{a^2 - b} - \dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\dfrac{1}{4L^2}\dfrac{1}{W_1}\left\{(W+W_2)W_2^2 + (W-3W_2)\dfrac{L}{C}\right\}, \\ \sqrt{b' - a'^2} = \sqrt{b - a^2} + \dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\dfrac{1}{4L^2}\dfrac{1}{W_1}\left\{(W+W_2)W_2^2 + (W-3W_2)\dfrac{L}{C}\right\}. \end{cases} \tag{467}$$

Es ist der Gesammtwiderstand der Strombahn zwischen den Condensatorpolen

$$W_g = W + W_2 - \frac{W^2}{W_1}. \tag{468}$$

Zwischen Π und P besteht die Relation (6), II p. 52

$$P = W_2 C \frac{d\Pi}{dt} + \Pi - E , \tag{469}$$

und für die drei Stromstärken J, i und i_1 gilt

$$\begin{cases} J = C \dfrac{d\Pi}{dt} \\ i = C \dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{1}{W_1}\left\{ W_2 C \dfrac{d\Pi}{dt} + \Pi - E \right\}, \\ i_1 = -\dfrac{1}{W_1}\left\{ W_2 C \dfrac{d\Pi}{dt} + \Pi - E \right\}. \end{cases} \tag{470}$$

Die Stromstärke i_1 bleibt immer klein, J und i sind nahe gleich.

Was den Charakter der Ladung jetzt betrifft, so ist aperiodische Ladung vorhanden, wenn

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{1}{2}(W + W_2) - \frac{1}{8}\frac{(W - W_2)^2}{W_1} \tag{471}$$ (A)

ist. Die Möglichkeit aperiodischer Ladung von der Art (B), welche eintreten würde, falls

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > 2W_1 + \frac{1}{2}(W + W_2) \tag{472}$$ (B)

wäre, ist ausgeschlossen.

Als Bedingung der periodischen Ladung hat man, ausser dass $\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}$ klein sein soll,

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{1}{2}(W + W_2) - \frac{1}{8}\frac{(W - W_2)^2}{W_1} . \tag{473}$$

In anderer Form stellen sich die Bedingungen wie folgt: Aperiodische Ladung von der Art (A), falls

$$W > 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2 + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\right\}^2 \tag{474}$$ (A)

ist, und periodische Ladung, falls

$$W < 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2 + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\right\}^2 \tag{475}$$

ist. Voraussetzung hierbei ist

$$W_2 < 2\sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2\right\}^2 . \tag{476}$$

In Bezug auf W_2 aufgelöst ist die Bedingung für aperiodische Ladung von der Art (A)

$$(477)\quad (A)\qquad W_2 > 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W\right\}^2,$$

und für periodische Ladung

$$(478)\qquad W_2 < 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W\right\}^2$$

mit der Voraussetzung

$$(479)\qquad W < 2\sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{1}{W_1}\left\{\sqrt{\frac{L}{C}} - W\right\}^2.$$

Keine Uebergangsfälle werden in Betracht gezogen.

40. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Mit Anwendung der Bezeichnungen

$$(480)\qquad \begin{cases} \lambda_1' = a' + \sqrt{a'^2 - b'} = a + \sqrt{a^2 - b} + \varepsilon_1 = \lambda_1 + \varepsilon_1, \\ \lambda_2' = a' - \sqrt{a'^2 - b'} = a - \sqrt{a^2 - b} + \varepsilon_2 = \lambda_2 + \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$(481)\qquad \begin{cases} \lambda_1 = \dfrac{1}{2L}\left\{W + W_2 + \sqrt{(W + W_2)^2 - 4\dfrac{L}{C}}\right\}, \\ \lambda_2 = \dfrac{1}{2L}\left\{W + W_2 - \sqrt{(W + W_2)^2 - 4\dfrac{L}{C}}\right\}. \end{cases}$$

$$(482)\qquad \begin{cases} \varepsilon_1 = \dfrac{1}{2LW_1}\left\{\dfrac{L}{C} - W_2^2 - \dfrac{1}{2L\sqrt{a^2 - b}}\left[(W + W_2)W_2^2 + (W - 3W_2)\dfrac{L}{C}\right]\right\}, \\ \varepsilon_2 = \dfrac{1}{2LW_1}\left\{\dfrac{L}{C} - W_2^2 + \dfrac{1}{2L\sqrt{a^2 - b}}\left[(W + W_2)W_2^2 + (W - 3W_2)\dfrac{L}{C}\right]\right\}. \end{cases}$$

gehen für die erste Wahl der Anfangsbedingungen aus den Formeln (68)··(70), II p. 63 folgende Systeme hervor:

$$(483)\qquad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E - \Pi_0}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{\left[\lambda_2' - \dfrac{1}{C(W + W_2)} - \left(\dfrac{W}{W + W_2}\right)^2 \dfrac{1}{CW_1}\right] e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_1' - \dfrac{1}{C(W + W_2)} - \left(\dfrac{W}{W + W_2}\right)^2 \dfrac{1}{CW_1}\right] e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{\left[\lambda_1' - \dfrac{W + W_2}{L} + \dfrac{W_2^2}{LW_1}\right] e^{-\lambda_1' t} - \left[\lambda_2' - \dfrac{W + W_2}{L} + \dfrac{W_2^2}{LW_1}\right] e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left[\lambda_1' - \dfrac{W + W_2}{L} + \dfrac{W_2^2}{LW_1}\right] e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left[\lambda_2' - \dfrac{W + W_2}{L} + \dfrac{W_2^2}{LW_1}\right] e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(484)\qquad \begin{cases} i = -\left(1 - \dfrac{W}{W_1}\right)\dfrac{J_0}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{\lambda_2' e^{-\lambda_1' t} - \lambda_1' e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \left(1 - \dfrac{W_2}{W_1}\right)\dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1' t} - e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(485)\qquad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{W}{W+W_2}\dfrac{1}{W_1}\dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left[\lambda_2-\dfrac{1}{CW}\right]e^{-\lambda_1 t}-\left[\lambda_1-\dfrac{1}{CW}\right]e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{C(W+W_2)}\dfrac{1}{W_1}\dfrac{E-\Pi_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left[\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right]e^{-\lambda_1 t}-\left[\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right]e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen, wobei für $t=0$

$$\Pi = 0$$

und

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{E}{CW_1}$$

sind, bekommt man aus den Formelsystemen (74), (75) und (76), II p. 64

$$(486)\qquad \begin{cases} \Pi = E\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left[\left(\lambda_2'-\dfrac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_1' t}-\left(\lambda_1'-\dfrac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_2' t}\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{-E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\dfrac{1}{L}-\dfrac{1}{W_1}\left(\lambda_1-\dfrac{W-W_2}{L}\right)\right]e^{-\lambda_1' t}-\left[\dfrac{1}{L}-\dfrac{1}{W_1}\left(\lambda_2-\dfrac{W-W_2}{L}\right)\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left[\dfrac{1}{L}-\dfrac{1}{W_1}\left(\lambda_1-\dfrac{W-W_2}{L}\right)\right]e^{-\lambda_1' t}-\lambda_2'\left[\dfrac{1}{L}-\dfrac{1}{W_1}\left(\lambda_2-\dfrac{W-W_2}{L}\right)\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(487)\qquad \begin{cases} i = -\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1' t}-e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1' e^{-\lambda_1' t}-\lambda_2' e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(488)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{W_1}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Wir unterlassen in diesem Abschnitt sämmtliche Diskussionen des Ladungsvorganges. Sie bieten sonst keine andere Schwierigkeiten als etwas weitläufige Rechnungen dar.

41. **Periodische Ladung.** Es möge hier genügen mit der Angabe der Ausdrücke für die Oscillationszeit T und das Decrement α. Diese sind

$$(489)\qquad T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}(W+W_2)^2}}\left\{1+\frac{\frac{L}{C}(3W_2-W)-W_2^2(W_2+W)}{4W_1\left\{\frac{L}{C}-\frac{1}{4}(W+W_2)^2\right\}}\right\},$$

(490) $$\alpha = \pi(W_1 + W_2)\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{1+v}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{L}{C}(W_1+W_2)^2}}$$

mit

$$v = \frac{2\frac{L}{C}(W_1^2+W_2^2)}{2W_1(W_1+W_2)\left\{\frac{L}{C}-\frac{1}{4}(W_1+W_2)^2\right\}\frac{L}{C}}.$$

II d. Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen: W_2 klein und W_1 gross.

42. **Bezeichnungen. Charakter der Ladung.** In dem jetzt zu betrachtenden Falle sind die Verhältnisse

(491) $$\frac{W_2}{W},\ \frac{W_2}{\sqrt{\frac{L}{C}}},\ \frac{W}{W_1},\ \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}$$

so klein anzunehmen, dass man berechtigt ist zu setzen:

(492) $$\left(\frac{W_2}{W}\right)^2=0,\quad \left(\frac{W}{W_1}\right)^2=0,\quad W_2{}^2\frac{C}{L}=0;\quad \frac{1}{W_1{}^2}\frac{L}{C}=0.$$

Alsdann hat man auch

(493) $$\frac{W_2}{W_1}=0.$$

In denjenigen Formeln, welche für eine unverzweigte Bahn mit dem Widerstande W $\left(W_2=0,\ \frac{1}{W_1}=0\right)$ hervorgehen, erscheinen jetzt Correctionsglieder zweier Art, proportional W_2 und proportional $\frac{1}{W_1}$.

Man bekommt aus dem Systeme (410), indem man W_1 gross annimmt, oder aus den Formeln (465) und (466), indem man W_2 klein annimmt,

(494) $$\begin{cases} 2a'=\frac{W}{L}+\frac{W_2}{L}+\frac{1}{CW_1}=2a+\left(\frac{W_2}{L}+\frac{1}{CW_1}\right), \\ 2c'=\frac{W}{L}+\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}=2a+\left(\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}\right), \\ b'=\frac{1}{LC}\left(1+\frac{W}{W_1}\right)=b\left(1+\frac{W}{W_1}\right). \end{cases}$$

Ferner ergiebt sich

(495) $$\begin{cases} \sqrt{a'^2-b'}=\sqrt{a^2-b}+\frac{W}{4L\sqrt{a^2-b}}\left(\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}\right), \\ \sqrt{b'-a'^2}=\sqrt{b-a^2}-\frac{W}{4L\sqrt{b-a^2}}\left(\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}\right). \end{cases}$$

$$(496)\qquad \begin{cases} W_g = W + W_2 - \dfrac{W^2}{W_1}, \\ \dfrac{1}{W_g} = \dfrac{1}{W}\left\{1 - \dfrac{W_2}{W} + \dfrac{W}{W_1}\right\}. \end{cases}$$

Für die drei Stromstärken J, i und i_1 hat man

$$(497)\qquad \begin{cases} J = C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{\Pi - E}{W_1}, \\ i_1 = \dfrac{E - \Pi}{W_1}. \end{cases}$$

Somit ist die kleine Stromstärke i_1 einfach aus Π bestimmbar.

Betrachten wir jetzt den Charakter der Ladung. Es kommt aperiodische Ladung nur von der einen Art (A) vor und zwar, wenn die Ungleichheit

$$(498)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{1}{2}(W + W_2) - \frac{1}{8}\frac{W^2}{W_1}$$

erfüllt ist. Hat man

$$(499)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{1}{2}(W + W_2) - \frac{1}{8}\frac{W^2}{W_1},$$

so ist die Ladung periodisch.

Ist die Bedingung

$$(500)\quad (A)\qquad W > 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2 + \frac{1}{W_1}\frac{L}{C}$$

erfüllt, so hat man ebenfalls aperiodische Ladung von der Art (A), dagegen für

$$(501)\qquad W < 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2 + \frac{1}{W_1}\frac{L}{C}$$

periodische Ladung.

43. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Es ergeben sich jetzt folgende Werthe

$$(502)\qquad \begin{cases} \lambda_1' = a' + \sqrt{a'^2 - b'} = a + \sqrt{a^2 - b} + \varepsilon_1 = \lambda_1 + \varepsilon_1, \\ \lambda_2' = a' - \sqrt{a'^2 - b'} = a - \sqrt{a^2 - b} + \varepsilon_2 = \lambda_2 + \varepsilon_2, \end{cases}$$

$$(503)\qquad \begin{cases} \lambda_1 = \dfrac{1}{2}\dfrac{W}{L} + \sqrt{\dfrac{1}{4}\dfrac{W^2}{L^2} - \dfrac{1}{LC}}, \\ \lambda_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{W}{L} - \sqrt{\dfrac{1}{4}\dfrac{W^2}{L^2} - \dfrac{1}{LC}}. \end{cases}$$

$$(504)\qquad \begin{cases} \varepsilon_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{W_2}{L}+\frac{1}{CW_1}\right)+\frac{W}{4L\sqrt{a^2-b}}\left(\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}\right), \\ \varepsilon_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{W_2}{L}+\frac{1}{CW_1}\right)-\frac{W}{4L\sqrt{a^2-b}}\left(\frac{W_2}{L}-\frac{1}{CW_1}\right). \end{cases}$$

Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man die Systeme

$$(505)\qquad \begin{cases} \Pi = E+\frac{E-\Pi_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_2'-\frac{1}{CW}+\frac{1}{C}\left(\frac{W_2}{W^2}-\frac{1}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_1' t}-\left[\lambda_1'-\frac{1}{CW}+\frac{1}{C}\left(\frac{W_2}{W^2}-\frac{1}{W_1}\right)\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt} = \frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left[\lambda_1'-\frac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_1' t}-\left[\lambda_2'-\frac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} = -\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1\left[\lambda_1'-\frac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_1' t}-\lambda_2'\left[\lambda_2'-\frac{W+W_2}{L}\right]e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(506)\qquad \begin{cases} i = -\left(1-\frac{W}{W_1}\right)\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_2' e^{-\lambda_1' t}-\lambda_1' e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \frac{di}{dt} = \frac{1}{LC}\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1' t}-e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich ebenso

$$(507)\qquad \begin{cases} \Pi = E\left\{1+\frac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left[\left(\lambda_2'-\frac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_1' t}-\left(\lambda_1'-\frac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_2' t}\right]\right\}, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt} = -\frac{E}{L(\lambda_1'-\lambda_2')}\left\{\left(1+\frac{W}{W_1}-\frac{L\lambda_1}{W_1}\right)e^{-\lambda_1' t}-\left(1+\frac{W}{W_1}-\frac{L\lambda_2}{W_1}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \frac{dJ}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2} = \frac{E}{L(\lambda_1'-\lambda_2')}\left\{\lambda_1'\left(1+\frac{W}{W_1}-\frac{L\lambda_1}{W_1}\right)e^{-\lambda_1' t}-\lambda_2'\left(1+\frac{W}{W_1}-\frac{L\lambda_2}{W_1}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(508)\qquad \begin{cases} i = -\frac{E}{L(\lambda_1'-\lambda_2')}\left\{e^{-\lambda_1' t}-e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \frac{di}{dt} = \frac{E}{L(\lambda_1'-\lambda_2')}\left\{\lambda_1' e^{-\lambda_1' t}-\lambda_2' e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

Die Discussionen mögen auch hier unterbleiben.

44. **Periodische Ladung.** Die Ausdrücke der Oscillationszeit T und des Decrementes α sind

$$(509)\qquad T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}}\left\{1-\frac{W}{W^2-4\frac{L}{C}}\left(W_2-\frac{L}{C}\frac{1}{W_1}\right)\right\},$$

$$(510)\qquad \alpha = \pi\frac{a'}{\beta} = \pi\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}}\left\{1+\frac{W_2+\frac{1}{W_1}\left(\frac{L}{C}-\frac{1}{2}W^2\right)}{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}\frac{1}{W}\right\}.$$

II e. Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen: $W_2 = 0$, W_1 gross.

45. **Charakter der Ladung. Oscillationszeit und Decrement.** Setzt man in den Formeln im Abschn. II d $W_2 = 0$, so bleibt überall nur ein Correctionsglied, proportional $\frac{1}{W_1}$, übrig. Es folgt dabei

$$(511)\qquad \begin{cases} 2a' = \frac{W}{L} + \frac{1}{CW_1} = 2a + \frac{1}{CW_1}, \\ 2c' = \frac{W}{L} - \frac{1}{CW_1} = 2a - \frac{1}{CW_1}, \\ b' = \frac{1}{LC}\left(1 + \frac{W}{W_1}\right) = b\left(1 + \frac{W}{W_1}\right). \end{cases}$$

Ferner hat man

$$(512)\qquad \begin{cases} \sqrt{a'^2 - b'} = \sqrt{a^2 - b} - \frac{1}{4\sqrt{a^2 - b}} \frac{W}{W_1} \frac{1}{LC}, \\ \sqrt{b' - a'^2} = \sqrt{b - a^2} + \frac{1}{4\sqrt{b - a^2}} \frac{W}{W_1} \frac{1}{LC}. \end{cases}$$

$$(513)\qquad \begin{cases} W_g = W\left(1 - \frac{W}{W_1}\right), \\ \frac{1}{W_g} = \frac{1}{W}\left(1 + \frac{W}{W_1}\right). \end{cases}$$

Als Bedingung für die aperiodische Ladung von der Art (A) ergiebt sich

$$(514)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{1}{2} W - \frac{1}{8} \frac{W^2}{W_1}$$

oder auch

$$(515)\quad (A)\qquad W > 2\sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{1}{W_1} \frac{L}{C}.$$

Periodisch ist die Ladung, wenn die Ungleichheit

$$(516)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{1}{2} W - \frac{1}{8} \frac{W^2}{W_1},$$

oder in anderer Form

$$(517)\qquad W < 2\sqrt{\frac{L}{C}} + \frac{1}{W_1} \frac{L}{C},$$

erfüllt ist.

Es bietet keine Schwierigkeit dar die vollständigen Formeln für die aperiodische und für die periodische Ladungsart abzuleiten. Es mögen aber nur die Ausdrücke für T und α angesetzt werden.

(518) $$T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}} \left\{ 1 + \frac{W}{W_1}\frac{L}{C}\frac{1}{W^2 - 4\frac{L}{C}} \right\},$$

(519) $$\alpha = \pi\frac{\alpha'}{\beta} = \frac{\pi}{2} W\sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}} \left\{ 1 + \frac{1}{WW_1}\frac{\frac{L}{C} - \frac{1}{2}W^2}{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2} \right\}.$$

Als eine allgemeine Bemerkung zu den Abschn. II c, II d und II e verdient hervorgehoben zu werden, dass ein grosser Werth des Nebenschlusswiderstandes W_1 die aperiodische Ladungsart (B) in Wegfall bringt. Thatsächlich kommt diese Ladungsart im unverzweigten Stromkreise, welcher sich ja für $W_1 = \infty$ ergiebt, nicht vor.

II f. Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung: W klein.

46. **Bezeichnungen. Charakter der Ladung.** Es soll jetzt angenommen werden, dass W so klein ist, dass die Quadrate der Verhältnisse

$$\frac{W}{W_1},\quad \frac{W}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \tag{520}$$

gleich Null gesetzt werden können, während dagegen von

$$\frac{W}{W_2}$$

nichts besonderes angenommen werden soll. Es ist somit die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, W_2 auf ein Mal mit W klein anzunehmen.

In der Diff.-Gl. (12), II p. 53 hat man jetzt

$$\begin{cases} 2a' = \left(\dfrac{W_1 W_2}{W_1+W_2}+W\right)\dfrac{1}{L}+\dfrac{1}{C(W_1+W_2)} = 2a+\dfrac{W}{L}, \\ b' = \left(\dfrac{W_1}{W_1+W_2}+\dfrac{W}{W_1+W_2}\right)\dfrac{1}{LC} = b+\dfrac{W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}, \end{cases} \tag{521}$$

Ferner ist

$$2c' = \left(\frac{W_1 W_2}{W_1+W_2}+W\right)\frac{1}{L}-\frac{1}{C(W_1+W_2)} = 2c+\frac{W}{L}. \tag{522}$$

$$\begin{cases} \sqrt{a'^2-b'} = \sqrt{a^2-b}+\dfrac{1}{4\sqrt{a^2-b}}\dfrac{W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{L^2}\left(W_1W_2-\dfrac{L}{C}\right), \\ \sqrt{b'-a'^2} = \sqrt{b-a^2}-\dfrac{1}{4\sqrt{b-a^2}}\dfrac{W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{L^2}\left(W_1W_2-\dfrac{L}{C}\right). \end{cases} \tag{523}$$

$$\begin{cases} W_g = W_2+W, \\ \dfrac{1}{W_g} = \dfrac{1}{W_2}\left(1-\dfrac{W}{W_2}\right). \end{cases} \tag{524}$$

Aus Art. 4, II ergiebt sich als Bedingung für aperiodische Ladung von der einen oder andern Art

(525) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{W_1(W_1+W_2)} - W_1 + \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1}},$$

(526) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{W_1(W_1+W_2)} + W_1 + \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1}}.$$

Die Ladung ist periodisch, wenn die Ungleichheiten

(527) $$\sqrt{W_1(W_1+W_2)} - W_1 + \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1}} < \sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{W_1(W_1+W_2)} + W_1 + \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1}}$$

bestehen.

Andere Formen dieser Bedingungen sind die folgenden. Unter der Voraussetzung, dass

(528) $$W_2 > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

ist, existiren alle drei Arten von Ladung, und zwar hat man aperiodische Ladungen, falls

(529) (A) $$W_1 > \frac{\frac{L}{C}}{W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W\left(\frac{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

oder

(530) (B) $$W_1 < \frac{\frac{L}{C}}{W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W\left(\frac{W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

ist, periodische Ladung, wenn die Ungleichheiten

(531) $$\frac{\frac{L}{C}}{W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W\left(\frac{W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2 < W_1 < \frac{\frac{L}{C}}{W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}} - W\left(\frac{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_2 - 2\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2$$

erfüllt sind. Besteht die Bedingung (528) nicht, so fällt die aperiodische Ladung von der Art. (A) aus, und die grössere Grenze für W_1 ersetzt sich mit ∞.

Vorausgesetzt, dass

(532) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > 2W_1$$

ist, ergeben sich die aperiodischen Ladungsarten für

(533) (A) $$W_2 > \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W\left(\frac{W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2,$$

(534) (B) $$W_2 < \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} - 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W\left(\frac{W_1 - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2,$$

und die periodische Ladung für

$$\frac{1}{W_1}\frac{L}{C}-2\sqrt{\frac{L}{C}}-W\left(\frac{W_1-\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2<W_2<\frac{1}{W_1}\frac{L}{C}+2\sqrt{\frac{L}{C}}-W\left(\frac{W_1+\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2. \tag{535}$$

Hat man statt (532)

$$\sqrt{\frac{L}{C}}<2W_1, \tag{536}$$

so existiren nur aperiodische Ladung von der Art (A) und periodische Ladung. Die untere Grenze für W_2 ist dann gleich Null.

47. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Wir beschränken uns hier auf Formeln von dem zweiten Typus, welche nur Exponentialfunctionen enthalten. Es ist zu setzen

$$\begin{cases}\lambda_1'=a'+\sqrt{a'^2-b'}=\lambda_1+\varepsilon_1,\\ \lambda_2'=a'-\sqrt{a'^2-b'}=\lambda_2+\varepsilon_2,\end{cases} \tag{537}$$

mit

$$\begin{cases}\varepsilon_1=\frac{1}{2}\frac{W}{L}\left\{1+\frac{1}{2L\sqrt{a^2-b}}\frac{W_1W_2-\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right\},\\ \varepsilon_2=\frac{1}{2}\frac{W}{L}\left\{1-\frac{1}{2L\sqrt{a^2-b}}\frac{W_1W_2-\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right\}.\end{cases} \tag{538}$$

Alsdann folgt aus den Formeln (68 ··· (70), II für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen

$$\begin{cases}\Pi=E+\frac{E-\Pi_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left(\lambda_2'-\frac{1}{W_2C}+\frac{W}{CW_2^2}\right)e^{-\lambda_1't}-\left(\lambda_1'-\frac{1}{W_2C}+\frac{W}{CW_2^2}\right)e^{-\lambda_2't}\right\},\\ J=C\frac{d\Pi}{dt}=\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left(\lambda_1'-\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1't}-\left(\lambda_2'-\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2't}\right\},\\ \frac{dJ}{dt}=C\frac{d^2\Pi}{dt^2}=-\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left(\lambda_1'-\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1't}-\lambda_2'\left(\lambda_2'-\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2't}\right\}.\end{cases} \tag{539}$$

$$\begin{cases}i=-\left(1-\frac{W}{W_1}\right)\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_2'\,e^{-\lambda_1't}-\lambda_1'\,e^{-\lambda_2't}\right\},\\ \frac{di}{dt}=\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}\frac{J_0}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1't}-e^{-\lambda_2't}\right\}.\end{cases} \tag{540}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen wird aus den Formeln (74), (76), II abgeleitet:

$$(541)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{\lambda_1' - \lambda_2'}\left\{\left(\lambda_2' - \dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_1' t} - \left(\lambda_1' - \dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left(\lambda_1' - \dfrac{W_1}{L} - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \left(\lambda_2' - \dfrac{W_1}{L} - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left(\lambda_1' - \dfrac{W_1}{L} - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left(\lambda_2' - \dfrac{W_1}{L} - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(542)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{e^{-\lambda_1' t} - e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1' e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2' e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

$$(543)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\left(\lambda_1' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \left(\lambda_2' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{\lambda_1'-\lambda_2'}\left\{\lambda_1'\left(\lambda_1' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1' t} - \lambda_2'\left(\lambda_2' - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2' t}\right\}. \end{cases}$$

Es ergiebt sich ein Fall (A) oder ein Fall (B), je nachdem $2c'$ positiv oder negativ ist.

48. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Als Grundlage für die Discussion dient hier Art. 6, II.

Das Potential Π besitzt kein Maximum, es wächst von Π_0, für $t=0$, zu E, für $t=\infty$. Kein Inflexionspunkt der Π-Curve kommt vor.

Die Stromstärke J nimmt beständig ab, von den Anfangswerthe J_0 zu dem Endwerthe 0.

Die Stromstärke i bleibt positiv und nimmt ab, von dem Anfangswerthe $\left(1-\frac{W}{W_1}\right)J_0$ zu Null.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat stets die Richtung von E und wächst von Null an, für $t=0$, zu dem zur Zeit

$$(544)\quad t_1' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2} + \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} - \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\} =$$

$$= \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\cdot\left\{1 - \frac{W^2}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_1W_2 - \frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right\} - \frac{1}{4L(W_1+W_2)(a^2-b)}\frac{W^2}{W_1}\left\{\frac{L}{C} - W_1(2W_1+W_2)\right\},$$

stattfindenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{1}{W_2}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\left(1-\frac{W}{W_2}-\frac{1}{2}\frac{W}{W_1}\right)\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-a't_1'}, \tag{545}$$

nimmt dann ab und wird Null für $t=\infty$.

Die Stromstärke i_1 besitzt einen kleinsten Werth. Sie fängt an mit dem Werthe $\frac{W}{W_1}J_0$, der klein ist, nimmt ab, ändert ihren Sinn zur Zeit

$$\frac{W_1+W_2}{W_1}WC,$$

die auch klein ist, erreicht zur Zeit

$$t_2'=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}+\frac{\varepsilon_1}{\lambda_1}-\frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\}+\frac{1}{\lambda_1\lambda_2}\frac{W}{L}= \tag{546}$$

$$=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\cdot\left\{1-\frac{W}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_1W_2-\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right\}-\frac{1}{4\frac{L}{C}(a^2-b)}\frac{W}{L(W_1+W_2)}\left\{(2W_1+W_2)\frac{L}{C}-W_1W_2^2\right\},$$

welche ein wenig grösser als t_1' ist, das Minimum

$$(i_1)_{\min}=\frac{-\sqrt{\frac{L}{C}}}{\sqrt{W_1(W_1+W_2)}}\left(1-\frac{W}{W_1}-\frac{W}{W_2}-\frac{1}{2}\frac{C}{L}WW_2\right)\frac{E-\Pi_0}{W_2}e^{-a't_2'}. \tag{547}$$

und nimmt dann zu, bisdem sie für $t=\infty$ Null wird.

49. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle gelten aus Art. 7, II für ein kleines W hervorgehende Formeln.

Das Potential Π erreicht jetzt ein Maximum, welches grösser als E ist, und zwar zur Zeit

$$t_3'=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}{\lambda_2-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}+\frac{\varepsilon_1-\frac{W}{L}}{\lambda_1-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}-\frac{\varepsilon_2-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}\right\} \tag{548}$$

$$-\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}{\lambda_2-\frac{W_1W_2}{L(W_1+W_2)}}\cdot\left\{1-\frac{W}{4L^2(a^2-b)}\frac{W_1W_2-\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right\}-\frac{W}{2L(a^2-b)}$$

mit dem Werthe

$$\Pi_{\max}=E+\frac{1}{W_2}\left(1-\frac{(W_1+W_2)W}{W_1W_2}\right)\sqrt{\frac{L}{C}}(E-\Pi_0)\,e^{-a't_3'}. \tag{549}$$

Ein Inflexionspunkt der *II*-Curve ergiebt sich zur Zeit

$$t_4' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\left(1 - \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1 - \frac{W_1}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1}{L}} + \frac{\varepsilon_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_1 - \frac{W_1}{L}} - \frac{\varepsilon_2 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1}{L}}\right\} = \tag{550}$$

$$\frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1 - \frac{W_1}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1}{L}} \cdot \left\{1 - \frac{W}{4L^2(a^2 - b)}\frac{W_1 W_2 - \frac{L}{C}}{W_1 + W_2}\right\} - \frac{W}{L}\frac{1}{W_1(W_1 + W_2)}\frac{\frac{L}{C} + W_1 W_2}{4(a^2 - b)}.$$

Die Stromstärke J nimmt ab von J_0 zu dem für $t = t_4'$ eintretenden negativen Minimum

$$J_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\left(1 - \frac{1}{2}\frac{W}{W_1}\right) J_0\, e^{-a' t_4'} \tag{551}$$

und wächst nachher zu Null.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A). Dasselbe gilt hier von der Stromstärke i_1.

50. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Als Grundlage der Discussion dient Art. 8, II.

Das Potential *II* nimmt fortwährend zu, von Null zu E.

Wenn die Voraussetzung

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > W_1 \tag{552}$$

erfüllt ist, so hat die *II*-Curve keinen Inflexionspunkt und J nimmt stets ab, von $\frac{E}{W_1 + W_2}$ zu Null.

Ist dagegen

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < W_1, \tag{553}$$

so hat die *II*-Curve einen der Abscisse

$$t_0' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\left(1 - \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1}{L} - \lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1}{L} - \lambda_2\right)} + \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} - \frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\} = \tag{554}$$

$$-\frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1}{L} - \lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1}{L} - \lambda_2\right)} \cdot \left\{1 - \frac{W}{4L^2(a^2 - b)}\frac{W_1 W_2 - \frac{L}{C}}{W_1 + W_2}\right\} - \frac{1}{4L(W_1 + W_2)(a^2 - b)}\frac{W}{W_1}\left\{\frac{L}{C} - W_1(2W_1 + W_2)\right\}$$

entsprechenden Inflexionspunkt. Die Stromstärke J wächst von $\frac{E}{W_1+W_2}$ zu dem der Zeit t_0' angehörenden Maximum

$$J_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W_2} E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha' t_0'} \tag{555}$$

und nimmt dann zu Null ab.

Die Stromstärke i, welche mit Null anfängt, wächst zu dem für

$$t_1' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}+\frac{\varepsilon_1}{\lambda_1}-\frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\} \tag{556}$$

erfolgenden grössten Werthe

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}\left(1-\frac{1}{2}\frac{W}{W_1}\right)} E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha' t_1'}, \tag{557}$$

um dann auf Null allmählig zurück zu sinken.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ fängt an mit dem negativen Werthe $-\frac{W_1}{W_1+W_2}E$, nimmt zu, wird gleich Null für $t=t_1'$, erreicht für $t=2t_1'$ das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W_2} E e^{-2\alpha' t_1'} \tag{558}$$

und nimmt dann bis zu Null ab.

Die Stromstärke i_1 hat den Anfangswerth $\frac{E}{W_1+W_2}$, nimmt ab, ändert Zeichen zur Zeit t_2',

$$t_2' = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}+\frac{\varepsilon_1}{\lambda_1}-\frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\}+\frac{W}{L}\frac{1}{\lambda_1\lambda_2}. \tag{559}$$

wird ein Minimum zur Zeit

$$t_3' = \frac{2}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(1-\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1-\lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}+\frac{\varepsilon_1}{\lambda_1}-\frac{\varepsilon_2}{\lambda_2}\right\}+\frac{W}{L}\frac{1}{\lambda_1\lambda_2} = 2t_2'-\frac{W}{L}\frac{1}{\lambda_1\lambda_2}, \tag{560}$$

und zwar ist

$$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W_2}\left(1-\frac{1}{2}\frac{W}{W_1}-\frac{1}{2}\frac{C}{L}WW_2\right)e^{-\alpha' t_3'}, \tag{561}$$

nimmt dann zu und wird gleich Null für $t=\infty$.

51. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten jetzt die Resultate im Art. 9, II, mit kleinen Modificationen.

Das Potential Π wächst von Null zu dem der Zeit

$$t_4' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\left(1 - \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1 - \frac{W_1}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1}{L}} + \frac{\varepsilon_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_1 - \frac{W_1}{L}} - \frac{\varepsilon_2 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1}{L}}\right\} \tag{562}$$

angehörenden Maximum

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\left(1 - \frac{1}{2}\frac{W}{W_1}\right)e^{-\alpha' t_4'}\right\} \tag{563}$$

und nimmt dann ab zu dem Werthe E. In dem absteigenden Theile der Curve liegt ein Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$t_5' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\left\{\left(1 - \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right)\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L}\right)} + \frac{\varepsilon_1\left(2\lambda_1 - \frac{W_1}{L}\right)}{\lambda_1\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L}\right)} - \frac{\varepsilon_2\left(2\lambda_2 - \frac{W_1}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L}\right)}\right\} + \frac{W}{L}\frac{1}{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L}\right)\left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L}\right)} \tag{564}$$

$$= \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L}\right)} \cdot \left\{1 - \frac{W}{4L^2(a^2 - b)}\frac{W_1 W_2 - \frac{L}{C}}{W_1 + W_2}\right\} - \frac{1}{2L(a^2 - b)}\frac{W}{W_1(W_1 + W_2)}\left\{\frac{L}{C} - W_1^2\right\}.$$

Die Stromstärke J, deren Anfangswerth $\frac{E}{W_1 + W_2}$ ist, nimmt ab, ändert Zeichen für $t = t_4'$ und erreicht für $t = t_5'$ das Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{W_1 + W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha' t_5'}, \tag{565}$$

wächst dann und wird für $t = \infty$ gleich Null.

Die Grössen i, $-L\frac{di}{dt}$ und i_1 verhalten sich gleich in den Fällen (A) und (B).

52. **Periodische Ladung.** Wenn man sich hier wieder mit den Ausdrücken für T und α begnügt, erhält man

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1}}\frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{W_1}{W_1 + W_2}\frac{C}{L}\left(W_2 + \frac{L}{C W_1}\right)^2}}(1 + v_1), \tag{566}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{W_1 W_2 + \frac{L}{C}}{\sqrt{W_1(W_1 + W_2)}}\frac{1 + v_2}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{W_1}{W_1 + W_2}\frac{C}{L}\left(W_2 + \frac{L}{C W_1}\right)^2}}, \tag{567}$$

wobei gesetzt worden ist:

$$v_1 = \frac{W(W_1+W_2)\left(\frac{L}{C}-W_1W_2\right)}{\left(\frac{L}{C}\right)^2-2W_1(2W_1+W_2)\frac{L}{C}+W_1^2W_2^2},$$

$$v_2 = \frac{2W(W_1+W_2)\frac{L}{C}\left\{\frac{L}{C}-W_1(2W_1+W_2)\right\}}{\left\{\frac{L}{C}+W_1W_2\right\}\left\{\left(\frac{L}{C}\right)^2-2W_1(2W_1+W_2)\frac{L}{C}+W_1^2W_2^2\right\}}.$$

II g. Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen: W klein und W_1 gross.

53. **Charakter der Ladung. Oscillationszeit und Decrement.** Die Annahmen im Abschn. II f sollen jetzt in der Beziehung weiter beschränkt werden, dass W_1 gross angenommen wird. Mit „W_1 gross“ und „W klein“ soll verstanden werden, dass die Verhältnisse

$$\frac{W}{\sqrt{\frac{L}{C}}};\quad \frac{W_2}{W_1};\quad \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}, \tag{568}$$

so klein sind, dass man ihre Quadrate gleich Null setzen kann,

$$\frac{C}{L}W^2=0,\quad \frac{W_2^2}{W_1^2}=0;\quad \frac{1}{W_1^2}\frac{L}{C}=0, \tag{569}$$

und dass das Verhältniss

$$\frac{W}{W_1}$$

so klein ist, dass es selbst gleich Null gesetzt werden kann.

$$\frac{W}{W_1}=0. \tag{570}$$

Alsdann hat man

$$\begin{cases} 2a'=\dfrac{W_2}{L}+\left(W-\dfrac{W_2^2}{W_1}\right)\dfrac{1}{L}+\dfrac{1}{CW_1}=2a+\dfrac{W}{L}+\dfrac{1}{LW_1}\left(\dfrac{L}{C}-W_2^2\right), \\ 2c'=\dfrac{W_2}{L}+\left(W-\dfrac{W_2^2}{W_1}\right)\dfrac{1}{L}-\dfrac{1}{CW_1}=2a+\dfrac{W}{L}-\dfrac{1}{LW_1}\left(\dfrac{L}{C}+W_2^2\right), \\ b'=\dfrac{1}{LC}\left(1-\dfrac{W_2}{W_1}\right)=b-\dfrac{W_2}{W_1}\dfrac{1}{LC}. \end{cases} \tag{571}$$

$$\begin{cases} \sqrt{a'^2-b'}=\sqrt{\dfrac{1}{4}\dfrac{W_2^2}{L^2}-\dfrac{1}{LC}}+\dfrac{1}{4\sqrt{a^2-b}}\dfrac{W_2}{L}\left[W+\dfrac{1}{W_1}\left(3\dfrac{L}{C}-W_2^2\right)\right], \\ \sqrt{b'-a'^2}=\sqrt{b-a^2}-\dfrac{1}{4\sqrt{b-a^2}}\dfrac{W_2}{L}\left[W+\dfrac{1}{W_1}\left(3\dfrac{L}{C}-W_2^2\right)\right]. \end{cases} \tag{572}$$

$$\begin{cases} W_g=W_2+W, \\ \dfrac{1}{W_g}=\dfrac{1}{W_2}\left(1-\dfrac{W}{W_2}\right). \end{cases} \tag{573}$$

Die Bedingungen für aperiodische Ladung sind jetzt:

(574) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{1}{2}(W_2 + W) - \frac{1}{8}\frac{W_2^2}{W_1}.$$

oder auch

(575) (A) $$W_2 > 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W + \frac{1}{W_1}\frac{L}{C}.$$

Die Art (B) fällt fort.

Als Bedingungen der periodischen Ladung hat man

(576) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{1}{2}(W_2 + W) - \frac{1}{8}\frac{W_2^2}{W_1}.$$

oder auch

(577) $$W_2 < 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W + \frac{1}{W_1}\frac{L}{C}.$$

Für T und α ergeben sich die Werthe

(578) $$T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W_2^2}} = \left\{1 + \frac{W_2}{W_1}\frac{3\frac{L}{C} - W_2^2 + WW_1}{4\frac{L}{C} - W_2^2}\right\},$$

(579) $$\alpha = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{W_2}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W_2^2}}\left\{1 + \frac{4W\frac{L}{C}}{W_2\left(4\frac{L}{C} - W_2^2\right)} + \frac{2\frac{L}{C}\left(2\frac{L}{C} - W_2^2\right)}{W_1W_2\left(4\frac{L}{C} - W_2^2\right)}\right\}.$$

54. **Zusatzbemerkungen.** Die in den Abschnitten II a bis II g behandelten speciellen Fälle der allgemeinen Anordnung im Abschn. II, welche durch gewisse Annahmen über die relative Grösse von W, W_1, W_2 und $\sqrt{\frac{L}{C}}$ hervorgegangen sind, sind noch nicht alle, welche sich aufstellen lassen. Es soll jedoch nicht mehr in dieser Richtung weiter gegangen werden. Nur noch einiges über einen Fall: W klein, $W_2 = 0$, W_1 gross. In der Diff.-Gl. (13), II p. 53 ist dann zu nehmen

(580) $$\begin{cases} 2a = \frac{W}{L} + \frac{1}{CW_1} = \frac{1}{L}\left(W + \frac{L}{CW_1}\right), \\ b = \frac{1}{LC}. \end{cases}$$

Vergleicht man dieses mit (12), I, so sieht man, dass die verzweigte Strombahn, was das Potential H betrifft, mit einer unverzweigten Strombahn ersetzt werden kann, deren Widerstand

(581) $$W' = W + \frac{L}{CW_1}$$

ist. Es kommt nur die oscillirende Art der Ladung vor. Ganz ähnliches gilt, wenn W und W_2 im Verhältniss zu W_1 so klein sind, dass gesetzt werden darf:

(582) $$\frac{W'}{W_1}=0\,;\quad \frac{W_2}{W_1}=0\,.$$

Als Widerstand der unverzweigten Bahn ist dann zu nehmen

(583) $$W'=W+W_2+\frac{L}{CW_1}\,.$$

Ein derartiger Fall wird behandelt in der Arbeit des Verf. „Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I und III“. (Vergl. die Einleitung oben p. 4 sowie p. 53). Der Nebenschlusswiderstand W_1 rührt von der kleinen Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule her, und setzt sich somit eigentlich aus unendlich vielen einzelnen, auch nicht völlig distinkten Widerständen zusammen.

III. Verzweigter Stromkreis mit einem induktionsfreien Widerstande parallel dem Condensator.

1. **Differentialgleichung der Ladung des Condensators.** Die Figur nebenan zeigt einen verzweigten Stromkreis mit Condensator, Stromquelle, Selbstinduktion in einem Zweige, und mit einem Widerstande, dessen Selbstinduktion zu vernachlässigen ist, dem Condensator parallel geschaltet. Bei näherer Vergleichung der Anordnungen in Fig. 20 und in der nebenstehenden Figur sieht man, dass die letztere aus der ersteren dadurch hervorgeht, dass die Stromquelle E aus dem Zweige W_2 herausgehoben und in den Zweig W verlegt wird. Es müssen folglich auch alle Relationen, welche von E unabhängig sind, bestehen bleiben, so z. B. die in den verschiedenen Abschnitten II hergeleiteten Bedingungen für oscillirenden und für aperiodischen Ladungscharakter. Der Hauptunterschied in beiden Fällen ist folgender. Während mit der Anordnung, welche Fig. 20 veranschaulicht, der Condensator in dem stationären Endzustande die Ladung CE hat und keine Ströme mehr fliessen, bekommt der Condensator in dem jetzt zu betrachtenden Falle nur die schliessliche Ladung $\frac{W_1}{W+W_1}CE$, und es fliesst in dem von W und W_1 gebildeten Stromkreise in dem stationären Zustande der Strom $i = -i_1 = \frac{E}{W_1+W}$.

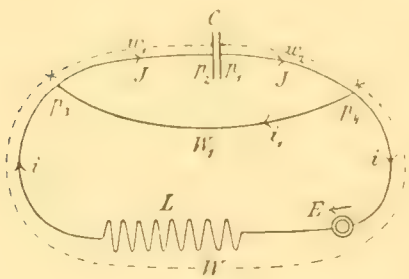


Fig. 28.

Ein Entladungsvorgang in einem Stromkreise, welcher dadurch entsteht, dass E gänzlich entfernt wird, braucht hier nicht untersucht zu werden, indem man dann auf den im Art. 3, II betrachteten Entladungsfall vollständig zurückkommt.

Mit den Bezeichnungen in der Fig. 28 erhält man folgende Gleichungen:

$$p_4 - p_3 - L\frac{di}{dt} + E = iW,$$

$$p_4 - p_3 = i_1 W_1,$$

$$p_1 - p_4 = J w_2,$$

$$p_3 - p_2 = J w_1,$$

$$J = i + i_1,$$

$$J = C\frac{d(p_2 - p_1)}{dt}.$$

Setzt man ferner wie im Art. 1, II, p. 51

$$w_1 + w_2 = W_2,$$

$$p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P,$$

so ergiebt sich

$$(1) \qquad \begin{cases} P + L\frac{di}{dt} + iW = E, \\ P + i_1 W_1 = 0, \\ \Pi - P + JW_2 = 0, \\ J = i + i_1, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Diese Gleichungen unterscheiden sich von den Gleichungen (4) im Art. 1, II nur durch einige Glieder E. Um die Differentialgleichung für Π herzuleiten, braucht man deshalb keiner neuen Elimination von P und den Stromstärken, sondern nur der Bemerkung, dass das rechte Glied, welches allein verschieden ausfallen kann, so zu wählen ist, dass für $t = \infty$, zu welcher Zeit die Ableitungen von Π Null sind, Π selbst gleich $\frac{W_1}{W_1 + W} E$ wird. Alsdann folgt

$$(2) \qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\frac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{L} + \frac{1}{C(W_1 + W_2)}\right\}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{\Pi}{LC} = \frac{W_1}{W_1 + W_2}\frac{E}{LC}.$$

Ferner ergiebt sich aus (6), II p. 52, weil $P = \Pi$ für $t = \infty$ ist,

$$(3) \qquad P = W_2 C\frac{d\Pi}{dt} + \Pi,$$

und aus (7), II, indem für $t = \infty$,

$$(4) \qquad i = -i_1 = \frac{E}{W_1 + W} = \frac{\Pi}{W_1}$$

ist,

$$(5)\qquad \begin{cases} J = C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i = \dfrac{W_1+W_2}{W_1} C\dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{\Pi}{W_1}, \\ i_1 = -\dfrac{W_2}{W_1} C\dfrac{d\Pi}{dt} - \dfrac{\Pi}{W_1}. \end{cases}$$

Die Diff.-Gl. (2) bekommt die Form (11), II p. 53 der Diff.-Gl. für den Ladungsvorgang in einem unverzweigten Stromkreise, wenn ausser den Bezeichnungen (8), II noch

$$(6)\qquad \frac{W_1}{W_1+W} E = E'$$

gesetzt wird.

Für die Grössen $2a$, $2c$ und b gelten die Ausdrücke (62), II, p. 62 und es ist

$$(7)\qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b(\Pi - E') = 0.$$

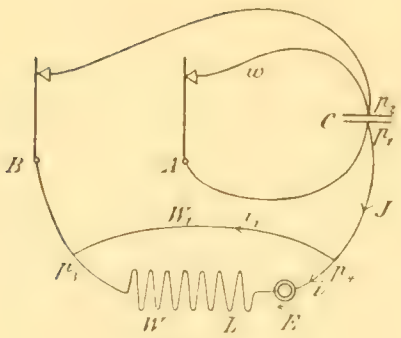


Fig. 29.

2. **Anfangsbedingungen.** Es sollen auch hier zwei Arten von Anfangsbedingungen in Betracht gezogen werden.

Für die erste Art hat man die in der Fig. 29 veranschaulichte Versuchsanordnung. In dem stationären Anfangszustande hat der Condensator das Potential

$$(8)\qquad \Pi_0 = \frac{w}{W_g+w} E' = \frac{w}{\dfrac{WW_1}{W_1+W} + W_2 + w} \frac{W_1}{W_1+W} E,$$

und die Stromstärke J ist

$$(9)\qquad J_0 \quad \frac{E'}{W_g+w} = \frac{W_1}{(W_1+W)(W_g+w)} E.$$

Zwischen Π_0 und J_0 besteht die Relation

$$(10)\qquad W_g J_0 = E' - \Pi_0 = \frac{W_1}{W_1+W} E - \Pi_0.$$

Für die übrigen Anfangswerthe berechnet sich

$$(11)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E'-\Pi_0}{W_g C} = \dfrac{W_1(E-\Pi_0) - W\Pi_0}{C\{WW_1 + WW_2 + W_1W_2\}}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C^2(W_1+W_2)} = -\dfrac{E'-\Pi_0}{(W_1+W_2)W_g}\dfrac{1}{C^2}. \end{cases}$$

$$\frac{dJ}{dt} = -\frac{J_0}{C(W_1+W_2)} = -\frac{E'-\Pi_0}{C(W_1+W_2)W_g}. \tag{12}$$

$$\begin{cases} i = \dfrac{(W_1+W_2)E - W_1\Pi_0}{WW_1+WW_2+W_1W_2}, \\ \dfrac{di}{dt} = 0. \end{cases} \tag{13}$$

$$\begin{cases} i_1 = -\dfrac{W\Pi_0 + W_2E}{WW_1+WW_2+W_1W_2}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\dfrac{W\Pi_0 - W_1(E-\Pi_0)}{WW_1+WW_2+W_1W_2}. \end{cases} \tag{14}$$

Die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich hier in der Weise, dass der Zweig mit dem Widerstande W, bei der Anordnung in Fig. 28, zuerst offen ist, wobei der Condensator keine Ladung hat und keine Ströme fliessen, und dann plötzlich geschlossen wird.[1]) Alsdann ist, für $t=0$,

$$\begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{LC}. \end{cases} \tag{15}$$

$$\begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}. \end{cases} \tag{16}$$

$$\begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}, \end{cases} \tag{17}$$

$$\begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}. \end{cases} \tag{18}$$

Es sollen die Betrachtungen in den folgenden Artikeln auf Π und die Stromstärken J, i und i_1 beschränkt werden, indem ja das Potential P immer proportional i_1 bleibt und somit nicht besonders hervorgehoben zu werden braucht.

[1]) Andere Anordnungen erhält man z. B. folgenderweise: Wenn der Stromzweig mit dem Widerstande W_1 ursprünglich offen ist, und zur Zeit $t=0$ plötzlich geschlossen wird, so geht das Potential Π des Condensators von dem stationären Werthe $\Pi_0 = E$ zu dem schliesslichen stationären Werthe $\Pi_\infty = \dfrac{W_1}{W_1+W}E$ über. Hält man den Zweig W_2 zuerst offen und schliesst ihn plötzlich zur Zeit $t=0$. so ergiebt sich $\Pi_0 = 0$ und $\Pi_\infty = \dfrac{W_1}{W_1+W}E$.

Was den Charakter der Ladung betrifft gilt, wie nochmals betont werden mag, alles das im Art. 4, II gefundene, ohne irgend welcher Modification. Für specielle Annahmen über die relative Grösse der Widerstände darf man auf den ersten Artikel in den Abschnitten II a bis II g zurückgehen.

3. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergeben sich die Ausdrücke für Π und die Ableitungen von Π am einfachsten aus den entsprechenden Ausdrücken im Art. 5, II, p. 62, indem man E mit $E' = \frac{W_1'}{W_1' + W'} E$ ersetzt. Die Ausdrücke der verschiedenen Stromstärken werden alsdann mittels Anwendung der Formeln (5) oben gebildet. Die hyperbolischen Functionen benutzend findet man

$$(19)\quad \begin{cases} (W_1 + W)\,\Pi = W_1' E - \left\{ W_1' E - (W_1 + W)\,\Pi_0 \right\} e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t + \dfrac{a - \dfrac{1}{W_g C}}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}, \\ J = C \dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t + \dfrac{c}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}. \\ \dfrac{dJ}{dt} = C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = - \dfrac{J_0}{C(W_1 + W_2)} e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t - \dfrac{a - \dfrac{W_1' + W'}{L}}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}. \end{cases}$$

$$(20)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1' + W'} + \dfrac{W_1'}{W_1' + W'} J_0 e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t + \dfrac{a}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = - \dfrac{W_1'}{W_1' + W_2'} \dfrac{1}{LC} J_0 e^{-at} \dfrac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t. \end{cases}$$

$$(21)\quad \begin{cases} i_1 = - \dfrac{E}{W_1' + W'} + \dfrac{W'}{W_1' + W'} J_0 e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t + \dfrac{a - \dfrac{W_1' + W'}{W_1' + W_2'} \dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = - \dfrac{1}{C(W_1' + W_2')} J_0 e^{-at} \left\{ \cosh \sqrt{a^2 - b}\, t - \dfrac{a - \dfrac{W'}{L}}{\sqrt{a^2 - b}} \sinh \sqrt{a^2 - b}\, t \right\}. \end{cases}$$

Die Ausdrücke für die Stromstärken und ihre Ableitungen können auch noch einfacher als mittels der Formeln (5) direct aus den entsprechenden Formeln im Art. 5, II erhalten werden, in dem sie sich von jenen Ausdrücken nur durch ein, gegen E proportionales, von t unabhängiges Glied unterscheiden sollen, und dieses constante Glied gleich dem bekannten Werthe im dem stationären Endzustande ist.

Mit den Bezeichnungen

$$(22)\qquad \lambda_1 = a + \sqrt{a^2 - b}\,; \qquad \lambda_2 = a - \sqrt{a^2 - b}$$

bekommt man

$$(23)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = W_1 E + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{W_1 E-(W_1+W)\,\Pi_0\right\}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\} = \\ \qquad -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(24)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}-\dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(25)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W}-\dfrac{W}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen hat man die Formeln (24) im Art. 4, I p. 14 zu benutzen, um Π und die Ableitungen von Π zu bekommen. Hierbei ist E mit E' zu ersetzen und muss $\Pi_0 = 0$, $i_0 = 0$ genommen werden. Alsdann findet man i und i_1 mittels der Formeln (5) oben. Die Systeme sind

$$(26)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W}E\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L\sqrt{a^2-b}}e^{-at}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(27)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t-\dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(28)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a-\dfrac{1}{CW_2}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit Anwendung von λ_1 und λ_2 hat man

$$(29)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W}E\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left(\lambda_2 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(30)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(31)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{L(W_1+W_2)}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

4. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion kann fast aus Art. 6, II herausgelesen werden, indem die jetzt zu betrachtenden Ausdrücke für Π, J, i und i_1 sich höchstens durch ein constantes Glied von den Ausdrücken (64) $\cdots$ (70) im Art. 5, II unterscheiden, nachdem E mit E' ersetzt worden ist.

Das Potential Π wächst ohne Maximum von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe $\dfrac{W_1}{W_1+W}E$. Die Π-Curve hat keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J ist positiv und nimmt beständig ab, von dem Werthe J_0, für $t=0$, zu dem Werthe Null, für $t=\infty$.

Die Stromstärke i nimmt ebenfalls immer ab, und zwar von dem Anfangswerthe

$$(32)\quad \frac{E+J_0 W_1}{W_1+W} = \frac{(W_1+W_2)E-W_1\Pi_0}{WW_1+WW_2+W_1W_2}$$

zu dem Endwerthe

$$(33)\quad \frac{E}{W_1+W}.$$

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat für $t=0$ und $t=\infty$ den Werth Null, bleibt positiv, und erreicht zur Zeit

(34) $$t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

das Maximum

(35) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{W_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,\frac{W_1E-(W_1+W)\Pi_0}{W_1+W}\,c^{-at_1}.$$

Die Stromstärke i_1 verhält sich anders, jenachdem die beiden Bedingungen

(36) $$\begin{cases}\dfrac{L}{C}>WW_2,\\[2ex] \dfrac{L}{C}+W_1W_2>W(W_1+W_2)\end{cases}$$

auf ein Mal erfüllt sind oder nicht erfüllt sind. In dem ersten Falle nimmt sie ab von dem negativen Anfangswerthe

(37) $$\frac{-E+J_0W}{W_1+W}=-\frac{W\Pi_0+W_2E}{WW_1+WW_2+W_1W_2}$$

zu dem zur Zeit

(38) $$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\dfrac{W}{L}}{\lambda_2-\dfrac{W}{L}}$$

stattfindenden Minimum

(39) $$(i_1)_{\min}=-\frac{E}{W_1+W}-\frac{1}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\,J_0\,c^{-at_1},$$

und wächst dann bis zu dem für $t=\infty$ folgenden Werthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

Sind die Bedingungen (36) nicht erfüllt, so nimmt i_1 immer ab, zwischen denselben Grenzwerthen wie oben.

5. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion wird auf Art. 7, II gegründet.

Anfangs- und Endwerth von Π sind dieselben wie im Falle (A), jetzt besitzt aber Π ein Maximum. Die entsprechende Abscisse ist

(40) $$t_3=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}}{\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}}$$

und das Maximum

(41) $$\Pi_{\max}=\frac{W_1}{W_1+W}\left\{E+\frac{W_1E-(W_1+W)\Pi_0}{WW_1+WW_2+W_1W_2}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at_3}\right\}.$$

Für den zwischen t_3 und ∞ gelegenen Werth

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}} \tag{42}$$

zeigt die Π-Curve einen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J ist anfangs positiv, gleich J_0, nimmt ab, ändert Zeichen für $t = t_3$ und erreicht für $t = t_4$ das Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} e^{-\alpha t_4} J_0, \tag{43}$$

nimmt dann zu und wird Null für $t = \infty$.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A).

Die Stromstärke i_1 zeigt dasselbe Verhalten wie im Falle (A), für die Annahme, dass die Bedingungen (36) erfüllt sind.

6. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Was das Verhalten von Π und J betrifft, kann man bei der Discussion Art. 7, I benutzen, wobei jedoch eine gewisse Vorsicht geboten ist in Betracht des Umstandes, dass $\lambda_1\lambda_2$ im Art. 7, I gleich $\frac{1}{LC}$, hier gleich $\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC}$ ist.

Das Potential Π zeigt jetzt eine beständige Zunahme von dem Anfangswerthe Null zu dem Endwerthe $\frac{W_1}{W_1 + W} E$. Die Π-Curve ist anfangs konvex gegen die Achse der Abscissen. Sie besitzt also einen Inflexionspunkt, und zwar mit der Abscisse

$$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2}. \tag{44}$$

Die Stromstärke J wächst von Null zu dem der Zeit t_1 angehörenden Maximum

$$J_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha t_1}, \tag{45}$$

und nimmt dann wieder zu Null ab.

Die Stromstärke i ist Null für $t = 0$ und gleich $\frac{E}{W_1 + W}$ für $t = \infty$. Sie bleibt positiv und besitzt ein Maximum, wie aus dem Ausdrucke (27) für $\frac{di}{dt}$ hervorgeht, indem $\frac{c}{\sqrt{a^2 - b}}$ jetzt positiv und grösser als 1 ist. Das Maximum tritt ein zur Zeit

$$(46)\qquad t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{1}{C(W_1+W_2)}}{\lambda_2-\frac{1}{C(W_1+W_2)}}=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}-$$

$$\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\left\{\frac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\left(\lambda_1-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)\right\}=-\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\log\left\{\frac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\left(\lambda_2-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)\right\},$$

und hat den Werth

$$(47)\qquad i_{\max}=\frac{E}{W_1+W}\left\{1+W_1\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-at_2}\right\}.$$

Die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{di}{dt}$ hat für $t=0$ den Werth $-E$, wächst algebraisch, wird Null zur Zeit t_2 und erreicht zur Zeit

$$(48)\qquad t_3=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{1}{C(W_1+W_2)}\right)}$$

das Maximum

$$(49)\qquad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}Ee^{-at_3},$$

nimmt dann ab und wird für $t=\infty$ wieder gleich Null.

Schliesslich muss noch die Stromstärke i_1 discutirt werden. Die Gleichung

$$(50)\qquad \frac{di_1}{dt}=0$$

hat eine positive Wurzel t oder keine Wurzel, jenachdem $\lambda_2-\frac{1}{CW_2}$ positiv oder negativ ist. Setzt man

$$(51)\qquad a-\frac{1}{CW_2}=\frac{1}{2W_2(W_1+W_2)}\frac{1}{L}\left\{W_2(WW_1+WW_2+W_1W_2)-(2W_1+W_2)\frac{L}{C}\right\}=f,$$

so erhält man

$$(52)\qquad \lambda_2-\frac{1}{CW_2}=f-\sqrt{f^2-\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}\frac{1}{W_2^2}\left(\frac{L}{C}-WW_2\right)}$$

und somit als Bedingungen für ein positives $\lambda_2-\frac{1}{CW_2}$

$$(53)\qquad \begin{cases}\frac{L}{C}>WW_2,\\ \frac{L}{C}<\frac{W_2}{2W_1+W_2}(WW_1+WW_2+W_1W_2).\end{cases}$$

Sind diese Bedingungen nebst der Hauptbedingung

$$(54)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}}<\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1$$

erfüllt, was möglich ist, so besitzt i_1 ein Minimum, und zwar zur Zeit

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{1}{CW_2}}{\lambda_2 - \frac{1}{CW_2}} \tag{55}$$

$$\frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \left\{ \frac{W_2}{\sqrt{\frac{L}{C} - WW_2}} \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1}} \sqrt{LC} \left(\lambda_1 - \frac{1}{CW_2} \right) \right\} =$$

$$- \frac{1}{\sqrt{a^2 - b}} \log \left\{ \frac{W_2}{\sqrt{\frac{L}{C} - WW_2}} \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1}} \sqrt{LC} \left(\lambda_2 - \frac{1}{CW_2} \right) \right\},$$

mit dem Werthe

$$(i_1)_{\min} = - \frac{E}{W_1 + W} \left\{ 1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}} \sqrt{\frac{L}{C} - WW_2} \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-at_4} \right\}. \tag{56}$$

Der Anfangswerth von i_1 ist Null, der Endwerth $- \frac{E}{W_1 + W}$.

Wenn die Bedingungen (53) nicht erfüllt sind, so zeigt i_1 kein Minimum, sondern verändert sich stets abnehmend von dem Anfangs- zu dem Endwerthe.

Die Reihenfolge der ausgezeichneten t-Werthe ist

$$0 < t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < \infty. \tag{57}$$

7. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Was das Potential Π und die Stromstärke J betrifft, so sind die Verhältnisse dieselben wie im Falle (A). Es ist somit sehr bemerkenswerth, dass Π jetzt in dem Falle (B) kein Maximum erreicht. Der Hauptunterschied zwischen beiden Fällen liegt in dem Verhalten der Stromstärke i.

Die zweite Gleichung (27), worin c negativ ist, zeigt, dass die Gl.

$$\frac{di}{dt} = 0 \tag{58}$$

jetzt keine positive Wurzel hat. Folglich besitzt i keinen grössten Werth, sondern verändert sich stets in demselben Sinne, zunehmend von Null zu $\frac{E}{W_1 + W}$.

Die Grösse $- L \frac{di}{dt}$ wächst von dem Anfangswerthe $- E$, bleibt immer negativ, und wird für $t = \infty$ gleich Null.

Was i_1 betrifft, bemerkt man zuerst, dass die zweite Bedingung (53) nicht mehr erfüllt werden kann, indem

(59) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)} + W_1$$

ist. Somit muss i_1 beständig abnehmen, von Null zu dem schliesslichen Werthe

$$-\frac{E}{W_1+W}.$$

8. **Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen.** Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung treten wie im Art. 10, II ein für

(60) (A) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)} - W_1,$$

(61) (B) $$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)} + W_1.$$

Formell erhält man die hieher gehörenden Formelsysteme aus den entsprechenden Systemen bei der aperiodischen Ladung, indem man $\cosh\sqrt{a^2-b}\,t$ mit 1 und $\frac{\sinh\sqrt{a^2-b}\,t}{\sqrt{a^2-b}}$ mit t ersetzt. Es mögen gleich die Werthe

(62) $$a = \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{1}{LC}},$$

(63) (A) $$c = \frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{\sqrt{LC}},$$

(64) (B) $$c = -\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{\sqrt{LC}}$$

in die Formeln eingesetzt werden. Alsdann bekommt man im Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen

(65)
$$\begin{cases} (W_1+W)\Pi = W_1 E - \left\{W_1 E - (W_1+W)\Pi_0\right\} e^{-at}\left\{1 + \dfrac{W_1}{CW_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{1 + \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1 + \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{W_1}{L}\,t\right\}. \end{cases}$$

(66)
$$\begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W_1}{W_1+W}J_0 e^{-at}\left\{1 + \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-at}\,t. \end{cases}$$

(67)
$$\begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W}{W_1+W}J_0 e^{-at}\left\{1 + \dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W} - \sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1 + \dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W} - \sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

Für dieselbe Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich im Falle (B)

$$(68)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = W_1 E - \left\{W_1 E - (W_1+W)\,\Pi_0\right\} e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1}{CW_2\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1 - \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{W_1}{L}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(69)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W_1}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{1 + \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-at}\,t. \end{cases}$$

$$(70)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man im Falle (A)

$$(71)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W} E\left\{1 - e^{-at}\left(1 + \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\,t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1 - \sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(72)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 - e^{-at}\left(1 - W_1\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{L}\right)\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1 - \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(73)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 - e^{-at}\left[1 + \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\sqrt{W_1+W}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1 + \dfrac{W_1}{W_2\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \end{cases}$$

und im Falle (B)

$$(74)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W}E\left\{1-e^{-at}\left(1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(75)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left(1+W_1\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{L}\right)\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(76)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\sqrt{W_1+W}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}\right., \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_2\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

9. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es kommen jetzt die Formeln (65), (66) und (67) in Betracht.

Das Potential Π wächst ohne ein Maximum zu besitzen von Π_0 zu $\frac{W_1}{W_1+W}E$. Die Π-Curve hat keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J_0 nimmt fortwährend ab, von J_0, für $t=0$, zu Null, für $t=\infty$.

Die Stromstärke i sinkt von dem Anfangswerthe $\frac{E+W_1J_0}{W_1+W}$ zu dem Endwerthe $\frac{E}{W_1+W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ wächst von Null an zu dem für

$$(77)\quad t_1 = \sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\sqrt{LC} = \frac{1}{a}$$

erfolgenden Maximum

$$(78)\quad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}J_0\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{1}{e},$$

und sinkt dann bis zu Null, welcher Werth für $t=\infty$ erreicht wird.

Was i_1 betrifft, so hat man im Falle $W_2 > W$ ein Abnehmen von dem Anfangswerthe $\frac{-E+WJ_0}{W_1+W}$ zu dem der Zeit (vergl. Art. 11, II p. 76)

(79) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

angehörenden Minimum

(80) $$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1 + W} - \frac{W_1 J_0}{W_1 + W}\left(1 - \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}}\right) e^{-\alpha t_2},$$

und dann ein Anwachsen, alles in algebraischem Sinne, bis zu dem Endwerthe

$$-\frac{E}{W_1 + W}.$$

In dem Falle $W > W_2$ nimmt i_1 beständig ab. Anfangs- und Endwerth sind wie oben.

10. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Formeln sind jetzt (68), (69) und (70).

Π hat ein Maximum und zwar zur Zeit

(81) $$t_3 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \sqrt{LC}$$

mit dem Werthe

(82) $$\Pi_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W}\left\{E + J_0 \sqrt{\frac{L}{C}}\, e^{-\alpha t_3}\right\}.$$

J ist anfangs gleich J_0, nimmt ab, wird Null zur Zeit t_3 und erreicht zur Zeit

(83) $$t_4 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} \frac{L}{W_1}$$

das Minimum

(84) $$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} J_0 e^{-\alpha t_4},$$

und wächst dann zu Null.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A).

Die Werthe von i_1 für $t = 0$ und $t = \infty$ sind wie im Falle (A), jetzt ergiebt sich aber immer zur Zeit

(85) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

das negative Minimum

(86) $$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1 + W} - \frac{W_1}{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}\left(W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}\right) J_0 e^{-\alpha t_2}.$$

11. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Formeln sind (71), (72) und (73).

Das Potential Π wächst beständig, von Null zu $\frac{W_1}{W_1+W}E$.

Die Stromstärke J ist gleich Null für $t=0$ und $t=\infty$ und hat zur Zeit

(87) $$t_1=\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\sqrt{LC}=\frac{1}{a}$$

das Maximum

(88) $$J_{\max}=\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{E}{e}.$$

Die Stromstärke i wächst von Null an zu dem der Zeit

(89) $$t_2=\frac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}$$

entsprechenden Maximum

(90) $$i_{\max}=\frac{E}{W_1+W}\left\{1+W_1\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-at_2}\right\},$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe $\frac{E}{W_1+W}$ ab.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ wächst von dem Anfangswerthe $-E$, wird gleich Null zur Zeit t_2, erreicht zur Zeit

$$t_3=\frac{\sqrt{\frac{L}{C}}+2W_1}{W_1}\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\sqrt{LC}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}Ee^{-at_3}.$$

und nimmt nachher bis zu Null ab.

Setzt man für die Discussion von i_1 zuerst voraus, dass $W_2>W$ ist, so hat man folgenden Gang von i_1. Mit dem Werthe Null anfangend nimmt i_1 ab, bis zu dem der Zeit

(91) $$t_4=\frac{W_1+W_2}{W_1}\frac{W_2}{W_2-\sqrt{\frac{L}{C}}}\sqrt{LC}$$

entsprechenden Minimum

(92) $$(i_1)_{\min}=-\frac{E}{W_1+W}\left\{1+\frac{W_1}{W_1+W_2}\left(W_2\sqrt{\frac{C}{L}}-1\right)e^{-at_4}\right\},$$

und wächst dann bis zu dem schliesslichen Werthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

Hat man dagegen $W>W_2$, so sind zwar die Grenzwerthe von i_1 dieselben wie früher, jetzt nimmt aber i_1 beständig ab, algebraisch verstanden.

12. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten jetzt die Formeln (74), (75) und (76), aus welchen folgendes zu schliessen ist.

Das Potential Π und die Stromstärke J verhalten sich genau wie im Falle (A).

Die Stromstärke i besitzt kein Maximum, sondern nimmt beständig zu, von Null zu $\frac{E}{W_1+W}$.

Die induktionselektromotorische Kraft nimmt zu, von dem Anfangswerthe $-E$ zu dem Endwerthe Null.

Die Stromstärke i_1 sinkt stets, von Null zu $-\frac{E}{W_1+W}$.

13. **Formeln für die periodische Ladung.** Die Formeln für die periodische Ladung gehen formell in der Weise aus den Formeln für die aperiodische Ladung hervor, dass man $\cosh\sqrt{a^2-b}\,t$ mit $\cos\sqrt{b-a^2}\,t$ und $\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t$ mit $\frac{1}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t$ ersetzt.

Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen folgt somit aus den Formeln (19), (20) und (21)

$$(93)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = W_1 E - \{W_1 E - (W_1+W)\,\Pi_0\}\,e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{a-\frac{1}{W_1 C}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{c}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a-\frac{W_1+W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(94)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W_1}{W_1+W}J_0 e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}J_0 e^{-at}\dfrac{1}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}J_0 e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(95)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W}{W_1+W}J_0 e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t + \dfrac{a-\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{1}{WC}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t - \dfrac{a-\frac{W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man aus den Systemen (26), (27) und (28)

$$(96)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W}E\left\{1-e^{-at}\left[\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\dfrac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L\sqrt{b-a^2}}e^{-at}\sin\sqrt{b-a^2}\,t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\dfrac{a}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \end{cases}$$

$$(97)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\dfrac{c}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{E}{L^2}\dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{W_1+W_2}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\dfrac{a-\dfrac{1}{W_gC}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(98)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[\cos\sqrt{b-a^2}\,t+\dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right]\right\}. \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cos\sqrt{b-a^2}\,t-\dfrac{a-\dfrac{1}{CW_2}}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t\right\}. \end{cases}$$

Um die Formeln zu vereinfachen, setzt man in Analogie mit den Bezeichnungen im Art. 15, II p. 81 und 82

$$\beta = \sqrt{b-a^2},$$

$$(99)\quad \begin{cases} \sin\varphi = \dfrac{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}{W_1}(aW_gC-1), \\ \cos\varphi = \dfrac{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}{W_1}W_gC\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(100)\quad \begin{cases} \sin\psi = \dfrac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\psi = \dfrac{W_1+W_2}{W_1}\sqrt{LC}\,c. \end{cases}$$

$$(101)\qquad \begin{cases} \sin\theta = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\,\dfrac{L}{W_1}\left(a-\dfrac{W_1+W}{L}\right), \\ \cos\theta = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\,\dfrac{L}{W_1}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(102)\qquad \begin{cases} \sin\sigma = \dfrac{W(W_1+W_2)\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\left(a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right), \\ \cos\sigma = \dfrac{W(W_1+W_2)\sqrt{LC}}{\sqrt{W_1(W_1+W)\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(103)\qquad \begin{cases} \sin\tau = \dfrac{L\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\tau = \dfrac{L\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\left(a-\dfrac{W}{L}\right). \end{cases}$$

$$(104)\qquad \begin{cases} \sin\omega = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\,LC\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\omega = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\,LC\,a. \end{cases}$$

$$(105)\qquad \begin{cases} \sin\vartheta = \dfrac{W_1+W_2}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\,\dfrac{L}{\sqrt{\dfrac{L}{C}-WW_2}}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\vartheta = \dfrac{W_1+W_2}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\,\dfrac{L}{\sqrt{\dfrac{L}{C}-WW_2}}\left(a-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}\right). \end{cases}$$

$$(106)\qquad \begin{cases} \sin\varkappa = \dfrac{W_2\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\varkappa = \dfrac{W_2\sqrt{W_1+W_2}}{\sqrt{W_1\left(\dfrac{L}{C}-WW_2\right)}}\sqrt{LC}\left(a-\dfrac{1}{CW_2}\right), \end{cases}$$

wobei folgende Relationen bestehen:

$$(107)\qquad \varphi+\psi=\sigma-\psi+\pi=\frac{\pi}{2}-\omega.$$

Man bekommt dann für die erste Wahl der Anfangsbedingungen

$$(108)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = W_1 E - \left\{ W_1 E - (W_1+W)\,\Pi_0 \right\} e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t-\varphi)}{\cos\varphi}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)} e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t+\theta)}{\cos\theta}. \end{cases}$$

$$(109)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W_1}{W_1+W} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t+\omega)}{\sin\omega}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t-\omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

$$(110)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W}{W_1+W} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t-\sigma)}{\cos\sigma}. \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t-\tau)}{\sin\tau}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich

$$(111)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W} E \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t+\omega)}{\sin\omega} \right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t-\omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

$$(112)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1+W} \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t-\theta)}{\cos\theta} \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t-\psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = -\dfrac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{(W_1+W_2)L^2} E e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t+\varphi)}{\cos\varphi}. \end{cases}$$

$$(113)\quad \begin{cases} i_1 = -\dfrac{E}{W_1+W} \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t+\vartheta)}{\sin\vartheta} \right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t-\varkappa)}{\sin\varkappa}. \end{cases}$$

Die Ausdrücke für die Oscillationszeit und die Dämpfung der Schwingungen sind genau dieselben wie im Art. 15, II p. 84 und werden deshalb hier nicht angeführt. Ebenso gelten die Discussionen in den Art. 18 und 19, II über T und α als Functionen von W, W_2, W_1, C und L unverändert.

14. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion kann auf Art. 16, II gegründet werden. Man braucht nur E mit $\frac{W_1}{W_1+W}E$ zu ersetzen und die Lage der Schwingungsachsen für Π, i und i_1 zu beachten.

Es bestehen sämmtliche Ungleichheiten (177) p. 85. Die Π-Curve fängt an wie im Art. 16, II beschrieben worden ist. Die Ausdrücke für t' und t'' bestehen unverändert und man hat jetzt

$$(114)\qquad \begin{cases} \Pi_{\max} = \frac{W_1}{W_1+W}\left\{E+J_0\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-\alpha t'}\right\}, \\ \Pi_{\min} = \frac{W_1}{W_1+W}\left\{E-J_0\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-\alpha t''}\right\}. \end{cases}$$

Damit die n ersten Minima negativ seien, muss die Ungleichheit

$$(115)\qquad \frac{1}{\alpha T}\log\left\{\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{J_0}{E}\right\}+\frac{\psi}{2\pi}>n$$

erfüllt sein.

Die Schwingungsachse für Π liegt in dem Abstande $\frac{W_1}{W_1+W}E$ von der Achse der Abscissen und wird von der Π-Curve zu den im Art. 16, II berechneten Zeiten $t^{(5)}$ geschnitten.

In Bezug auf J gilt ohne jede Änderung das im Art. 16, II gefundene.

Die Stromstärke i schwingt um die Achse $i=\frac{E}{W_1+W}$; diese Achse wird von der Π-Curve in den Punkten $t^{(9)}$ geschnitten (vergl. Art. 16, II). Zu den Zeiten $t^{(10)}$ hat man die Maxima

$$(116)\qquad i_{\max}=\frac{1}{W_1+W}\left\{E+W_1J_0e^{-\alpha t^{(10)}}\right\},$$

und zu den Zeiten $t^{(11)}$ die Minima

$$(117)\qquad i_{\min}=\frac{1}{W_1+W}\left\{E-W_1J_0e^{-\alpha t^{(11)}}\right\},$$

Damit die n ersten Minima von i negativ seien, muss die Bedingung

$$\frac{1}{aT}\log\frac{W_1 J_0}{E} > n+\frac{1}{2} \tag{118}$$

erfüllt sein.

In Bezug auf die induktionselektromotorische Kraft ist nur zu bemerken, dass man jetzt hat

$$\begin{cases} \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0 e^{-at^{(12)}}, \\ \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0 e^{-at^{(13)}}. \end{cases} \tag{119}$$

Die Stromstärke i_1 schwingt um eine Achse $i_1 = -\frac{E}{W_1+W}$, welche in den Punkten $t^{(6)}$ von der i_1-Curve geschnitten wird. Die Ausdrücke für $t^{(6)}$, $t^{(7)}$ und $t^{(8)}$ sind dieselben wie im Art. 16, II. Es ergiebt sich

$$\begin{cases} (i_1)_{\max} = -\frac{E}{W_1+W} + \frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\,e^{-at^{(7)}}, \\ (i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W} - \frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\,e^{-at^{(8)}}. \end{cases} \tag{120}$$

Damit die n-ersten Maxima von i_1 positive Werthe haben, muss die Bedingung

$$\frac{1}{aT}\log\left\{\frac{J_0}{E}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\right\} > n+\frac{1}{2}\frac{\tau}{\pi} \tag{121}$$

erfüllt sein.

15. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es bestehen jetzt die Formeln (111), (112) und (113), und man hat

$$\begin{cases} 0 < \omega < \frac{\pi}{2}, \\ -\frac{\pi}{2} < v < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \psi < \pi, \\ -\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \vartheta < \pi, \\ 0 < \varkappa < \pi. \end{cases} \tag{122}$$

Die Π-Curve beginnt mit dem Werthe $\Pi = 0$ für $t = 0$; Π wächst und die Curve ist anfangs konvex gegen die Achse der Abscissen. Somit kommt zuerst ein Inflexionspunkt, dann ein Maximum, ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Π macht regelmässig gedämpfte Schwingungen um die Gerade $\Pi = \frac{W_1}{W_1 + W} E$, welche von der Curve in den Punkten

$$t^{(5)} = \left(n - \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{123}$$

geschnitten wird.

Die Maxima von Π gehören den Zeiten

$$t' = (2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{124}$$

an, und sind

$$\Pi_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W} E\left\{1 + e^{-\alpha t'}\right\}, \tag{125}$$

die Minima den Zeiten

$$t'' = 2n\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3\cdots) \tag{126}$$

und haben die Werthe

$$\Pi_{\min} = \frac{W_1}{W_1 + W} E\left\{1 - e^{-\alpha t''}\right\}. \tag{127}$$

Keine Minima sind negativ.

Die Stromstärke J, welche zu den Zeiten t' und t'' Null ist, hat zu den Zeiten

$$t''' = \left(2n + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{128}$$

die Maxima

$$J_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E e^{-\alpha t'''} \tag{129}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(4)} = \left(2n + 1 + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{130}$$

die Minima

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E e^{-\alpha t^{(4)}}. \tag{131}$$

Für $t = t'''$ und $t = t^{(4)}$ ergeben sich Inflexionspunkte der Π-Curve.

Die Curve für i schneidet die Schwingungsachse $i = \frac{E}{W_1 + W}$ für

$$t = t^{(9)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots). \tag{132}$$

Maxima von i kommen vor zu den Zeiten

(133) $$t^{(10)} = \left(2n + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

mit den Werthen

(134) $$i_{\max} = \frac{E}{W_1 + W}\left\{1 + W_1\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t^{(10)}}\right\}$$

und Minima zu den Zeiten

(135) $$t^{(11)} = \left(2n + 1 + \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

mit den Werthen

(136) $$i_{\min} = \frac{E}{W_1 + W}\left\{1 - W_1\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t^{(11)}}\right\}.$$

Es sind die n ersten Werthe von $i_{\min}$ negativ, falls die Bedingung

(137) $$\frac{1}{\alpha T}\log\left\{W_1\sqrt{\frac{C}{L}}\right\} > n + \frac{1}{2}\frac{\psi}{\pi}$$

erfüllt ist.

Es hat $-L\frac{di}{dt}$ Maxima zu den Zeiten

(138) $$t^{(12)} = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

mit den Werthen

(139) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\,E e^{-\alpha t^{(12)}}$$

und Minima zu den Zeiten

(140) $$t^{(13)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots)$$

mit den Werthen

(141) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}}\,E e^{-\alpha t^{(13)}}.$$

Die Stromstärke i_1 hat die Schwingungsachse $i_1 = -\frac{E}{W_1 + W}$. Dieser Werth von i_1 kommt vor zu den Zeiten

(142) $$t^{(6)} = \left(n - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots).$$

Den Zeiten

(143) $$t^{(7)} = \left(2n + 1 + \frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

entsprechen die Maxima

$$(144) \qquad (i_1)_{\max} = -\frac{E}{W_1+W} + \frac{E}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{1-WW_2\frac{C}{L}}\,e^{-at^{(7)}},$$

und den Zeiten

$$(145) \qquad t^{(8)} = \left(2n+\frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots)$$

die Minima

$$(146) \qquad (i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W} - \frac{E}{W_1+W}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{1-WW_1\frac{C}{L}}\,e^{-at^{(8)}}.$$

Es sind die n ersten Maxima positiv, falls die Bedingung

$$(147) \qquad \frac{1}{aT}\log\left\{\frac{W_1}{W_1+W_2}\left(1-WW_2\frac{C}{L}\right)\right\} > 2n+1+\frac{\varkappa}{\pi}$$

erfüllt ist.

III a. Anordnung wie im Abschn. III, mit der ferneren Bestimmung: $W_2 = 0$.

16. **Allgemeines.** Unter den speciellen Annahmen, welche über die Grösse der Widerstände in Verhältniss zu einander gemacht werden können, soll nur die eine Annahme, dass $W_2 = 0$, W und W_1 beliebig sind, in Betracht gezogen werden. Wie die übrigen Fälle zu behandeln wären, ist aus den verschiedenen Abschnitten II genügend ersichtlich.

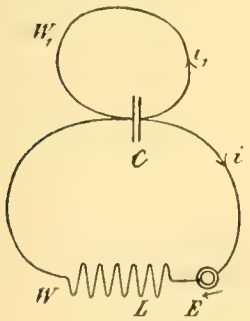


Fig. 30.

Für $W_2 = 0$ hat die Strombahn die in Fig. 30 veranschaulichte Anordnung. Die Differentialgleichung des Ladungsvorganges ist jetzt

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b\Pi = \frac{E}{LC}, \tag{148}$$

wobei gesetzt worden ist (vergl. Art. 20, II a p. 99):

$$\begin{cases} 2a = \dfrac{W}{L} + \dfrac{1}{CW_1}, \\ b = \dfrac{W_1 + W}{W_1}\dfrac{1}{LC}. \end{cases} \tag{149}$$

Ferner ist

$$2c = \frac{W}{L} - \frac{1}{CW_1}, \tag{150}$$

$$W_g = \frac{WW_1}{W_1 + W}. \tag{151}$$

Die Bedingungen für aperiodische und periodische Ladung sind die im Art. 20, II a gefundenen.

Aus *II* bekommt man die Stromstärken i und i_1 mittels der Formeln

$$\begin{cases} i = C\dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{\Pi}{W_1}, \\ i_1 = -\dfrac{\Pi}{W_1}. \end{cases} \tag{152}$$

Somit kommt die Discussion hauptsächlich auf das Verhalten von Π und i an. Die Uebergangsfälle mögen jetzt aus der Betrachtung ausgeschlossen werden.

17. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen sind jetzt die für $t=0$ stattfindenden Werthe $\Pi=\Pi_0$ und $i+i_1=J_0$ vorgeschrieben. Zwischen diesen Grössen besteht die Relation

$$\frac{W_1}{W_1+W}E-\Pi_0=\frac{WW_1}{W_1+W}J_0. \tag{153}$$

Indem man in den Formeln (23), (24) und (25) p. 155 $W_2=0$ setzt, erhält man die folgenden Gleichungssysteme:

$$\begin{cases} (W_1+W)\Pi=W_1E+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\{W_1E-(W_1+W)\Pi_0\}\left\{\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{CWW_1}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{CWW_1}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt}=\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=-\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\dfrac{1}{CW_1}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases} \tag{154}$$

$$\begin{cases} i=\dfrac{E}{W_1+W}-\dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt}=\dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases} \tag{155}$$

Für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich aus den Formeln (29), (30) und (31) p. 156

$$\begin{cases} \Pi=\dfrac{W_1}{W_1+W}E\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left(\lambda_2e^{-\lambda_1 t}-\lambda_1e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt}=-\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t}-e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=-\dfrac{E}{L}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases} \tag{156}$$

$$\begin{cases} i=\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt}=\dfrac{E}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{1}{CW_1}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases} \tag{157}$$

In den Fällen (A) ist

(158) $$W W_1 > \frac{L}{C},$$

in den Fällen (B)

(159) $$W W_1 < \frac{L}{C}.$$

18. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Als Grundlage der Discussion dient Art. 4, III, worin $W_2 = 0$ zu nehmen ist.

Es wächst Π von dem Werthe Π_0, für $t = 0$, zu dem Werthe $\frac{W_1}{W_1 + W} E$, für $t = \infty$. Kein Inflexionspunkt der Π-Curve kommt vor.

Die Stromstärke i nimmt stets ab, von dem Anfangswerthe $\frac{E - \Pi_0}{W}$ zu dem Endwerthe $\frac{E}{W_1 + W}$.

Die induktionselektromotorische Kraft ist gleich Null für $t = 0$ und $t = \infty$ und hat für

(160) $$t = t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

das Maximum

(161) $$\left(- L \frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{\frac{L}{C}} J_0 e^{- a t_1}.$$

Die Stromstärke i_1 nimmt von $- \frac{\Pi_0}{W_1}$ zu $- \frac{E}{W_1 + W}$ ab.

19. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle besitzt Π zur Zeit

(162) $$t_3 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}}$$

das Maximum

(163) $$\Pi_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W} \left\{ E + \left(\frac{E}{W} - \frac{W_1 + W}{W_1 W} \Pi_0 \right) \sqrt{\frac{L}{C}} e^{- a t_3} \right\}.$$

Der Abscisse

(164) $$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

In Bezug auf i und $-L\frac{di}{dt}$ gilt das im Art. 18 dargestellte.

Die Stromstärke i_1 nimmt zuerst ab, von

$$\frac{-E+J_0 W}{W_1+W} \tag{165}$$

zu dem der Zeit t_3 angehörenden Minimum

$$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W} - \frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-\alpha t_3} \tag{166}$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

20. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.**

Es nimmt jetzt II immer zu, von Null zu $\frac{W_1}{W_1+W}E$. Ein Inflexionspunkt der II-Curve ergiebt sich zur Zeit

$$t_1 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}. \tag{167}$$

Die Stromstärke i wächst von Null an zu dem der Abscisse

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{1}{CW_1}}{\lambda_2-\frac{1}{CW_1}} = \tag{168}$$

angehörenden Maximum

$$i_{\max} = \frac{E}{W_1+W}\left\{1+W_1\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\alpha t_2}\right\} \tag{169}$$

und nimmt dann ab, zu dem Endwerthe $\frac{E}{W_1+W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ ist anfangs gleich $-E$, wächst, wird gleich Null für $t=t_2$ und erreicht zur Zeit

$$t_3 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{CWW_1}\right)}{\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{CWW_1}\right)} \tag{170}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\frac{W_1+W}{W_1}}Ee^{-\alpha t_3}, \tag{171}$$

sinkt dann und wird gleich Null für $t=\infty$.

Die Stromstärke i_1 nimmt beständig ab, von Null zu $-\frac{E}{W_1+W}$.

21. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gilt in Bezug auf Π dasselbe wie im Falle (A).

Die Stromstärke i nimmt jetzt beständig zu, von Null zu $\frac{E}{W_1 + W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ wächst fortwährend, von $-E$ zu Null.

Die Stromstärke i_1 nimmt beständig ab, von Null zu dem Endwerthe

$$-\frac{E}{W_1 + W}.$$

22. **Formeln für die periodische Ladung.** Die Systeme (108), (109) und (110) p. 169 ergeben jetzt, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen

$$(172)\quad \begin{cases} (W_1 + W)\,\Pi = W_1 E - \{W_1 E - (W_1 + W)\,\Pi_0\}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{CW_1} e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t + o)}{\cos o}. \end{cases}$$

$$(173)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1 + W} + \dfrac{W_1}{W_1 + W} J_0 e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin\omega}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man

$$(174)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1 + W} E\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin\omega}\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

$$(175)\quad \begin{cases} i = \dfrac{E}{W_1 + W}\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - o)}{\cos o}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = -W\dfrac{E}{L^2} e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t + \varphi)}{\cos\varphi}. \end{cases}$$

In diesen Formeln ist

$$\beta = \sqrt{b - a^2}, \tag{176}$$

$$\begin{cases} \sin\varphi = \sqrt{\dfrac{W_1 + W}{W_1}} \left\{ a \dfrac{W W_1}{W_1 + W} C - 1 \right\}, \\ \cos\varphi = \sqrt{\dfrac{W_1 + W}{W_1}} C \dfrac{W W_1}{W_1 + W} \sqrt{b - a^2}. \end{cases} \tag{177}$$

$$\begin{cases} \sin\psi = \sqrt{LC}\sqrt{b - a^2}, \\ \cos\psi = \sqrt{LC}\, c. \end{cases} \tag{178}$$

$$\begin{cases} \sin o = \dfrac{L}{\sqrt{W_1 (W_1 + W)}} \left(a - \dfrac{W_1 + W}{L} \right), \\ \cos o = \dfrac{L}{\sqrt{W_1 (W_1 + W)}} \sqrt{b - a^2}. \end{cases} \tag{177}$$

$$\begin{cases} \sin\omega = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{LC}\sqrt{b - a^2}, \\ \cos\omega = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{LC}\, a, \end{cases} \tag{180}$$

und man hat

$$\varphi + \psi = o - \psi + \pi = \frac{\pi}{2} - \omega. \tag{181}$$

Die Ausdrücke für die Oscillationszeit und die Dämpfung finden sich im Art. 27, II a, p. 111.

23. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Änderungen an den Resultaten im Art. 14, III sind sehr wenige.

Was die Extremen von H und i betrifft, gilt alles unverändert.

Für die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{di}{dt}$ bekommt man etwas einfacher

$$\begin{cases} \left(-L\frac{di}{dt} \right)_{\max} = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, J_0 e^{-\alpha t^{(12)}}, \\ \left(-L\frac{di}{dt} \right)_{\min} = -\sqrt{\dfrac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, J_0 e^{-\alpha t^{(13)}}. \end{cases} \tag{182}$$

Die Maxima von i_1 kommen vor zu den Zeiten t'', die Minima zu den Zeiten t' und sind

$$(183)\quad \begin{cases} (i_1)_{\max} = -\frac{E}{W_1+W} + \frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-\alpha t''}, \\ (i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W} - \frac{J_0}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-\alpha t'}. \end{cases}$$

24. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es sind jetzt die Änderungen am Art. 15, III sehr wenige.

In Bezug auf H und i ist nichts zu bemerken.

Die extremen Werthe der Stromstärke J sind jetzt

$$(184)\quad \begin{cases} J_{\max} = \frac{E}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t'''}, \\ J_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t^{(4)}}. \end{cases}$$

Für die Maxima und Minima von i_1 hat man

$$(185)\quad \begin{cases} (i_1)_{\max} = -\frac{E}{W_1+W}\left\{1 - e^{-\alpha t^{(7)}}\right\}, \\ (i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W}\left\{1 + e^{-\alpha t^{(8)}}\right\}. \end{cases}$$

Iu Bezug auf $-L\frac{di}{dt}$ gilt

$$(186)\quad \begin{cases} \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\,Ee^{-\alpha t^{(12)}} \\ \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\,Ee^{-\alpha t^{(13)}}. \end{cases}$$

IV. Capacität und Selbstinduktion in Parallelschaltung.

1. **Differentialgleichung der Ladung des Condensators.** Wenn die Stromquelle E bei der Anordnung in Fig. 20 p. 51 aus dem Zweige mit dem Widerstande w_2 herausgehoben und in den Zweig mit dem Widerstande W_1 verlegt wird, so entsteht die in der Figur nebenan veranschaulichte Anordnung, wo die Capacität und die Selbstinduktion des Stromkreises einander parallel geschaltet sind.

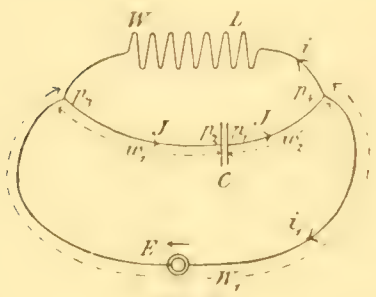


Fig. 31.

Sämmtliche von E unabhängige, im Abschn. II gefundene Relationen, besonders diejenigen, welche die Art der Ladung charakterisiren, bestehen unverändert in dem jetzt zu betrachtenden Falle. Der stationäre Endzustand ist dadurch bestimmt, dass der Condensator das Potential

$$\Pi = p_2 - p_1 = \frac{W}{W_1 + W} E$$

hat, der Strom J gleich Null ist und

$$i_1 = -i = \frac{E}{W_1 + W}$$

sind, unabhängig von allen Anfangsbedingungen.

Als Differentialgleichung des Ladungsvorganges bekommt man ohne jede Rechnung aus der Gl. (5), Art. 1, II p. 52, indem man das rechte Glied so abändert, dass der stationäre Werth von Π der oben angegebene wird,

$$(1) \qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{ \frac{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2}{W_1 + W_2} \frac{1}{L} + \frac{1}{C(W_1 + W_2)} \right\} \frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \frac{\Pi}{LC} = \frac{W}{W_1 + W_2} \frac{E}{LC},$$

wobei

$$W_2' = w_1 + w_2$$

gesetzt worden ist. Man braucht somit in der Gl. (5), II nur E mit $E' = \frac{W}{W_1 + W} E$ zu ersetzen. Die Diff.-Gl. (1) ist in kürzerer Form

(2) $$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b(\Pi - E') = 0,$$

wobei $2a$ und b die Constanten (12) II p. 53 bedeuten.

Aus Π berechnet man jetzt $P = p_3 - p_4$ und die Stromstärken mittels der Formeln

(3) $$P = \Pi + W_2 C\frac{d\Pi}{dt},$$

(4) $$\begin{cases} J = C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i = -\dfrac{E}{W_1} + \dfrac{\Pi}{W_1} + \dfrac{W_1 + W_2}{W_1} C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i_1 = \dfrac{E}{W_1} - \dfrac{\Pi}{W_1} - \dfrac{W_2}{W_1} C\dfrac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Zwischen P und i_1 besteht die einfache Beziehung

(5) $$P = E - i_1 W_1.$$

Es soll deshalb nur i_1 in Betracht gezogen werden.

2. **Anfangsbedingungen.** Wir fassen wieder zwei Arten von Anfangsbedingungen in's Auge.

Für die erste Art hat man die in der Fig. 32 veranschaulichte Anordnung.

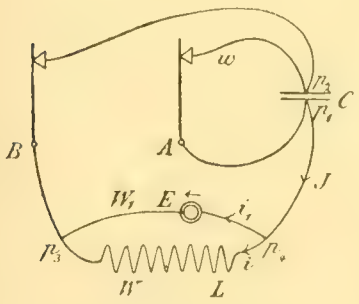


Fig. 32.

In dem stationären Anfangszustande ist

(6) $$\Pi_0 = \frac{w}{W_g + w} E' = \frac{w}{\dfrac{W W_1}{W_1 + W} + W_2 + w} \frac{W}{W_1 + W} E,$$

(7) $$J_0 = \frac{E'}{W_g + w} = \frac{W}{(W_1 + W)(W_g + w)} E.$$

Hieraus folgt die Relation

(8) $$J_0 = \frac{E' - \Pi_0}{W_g} = \frac{1}{W_g}\left\{\frac{W}{W_1 + W} E - \Pi_0\right\}.$$

Die übrigen Anfangswerthe sind

(9) $$\begin{cases} \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E' - \Pi_0}{C W_g} = \dfrac{W(E - \Pi_0) - W_1 \Pi_0}{C\{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2\}}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C^2(W_1 + W_2)} = -\dfrac{E' - \Pi_0}{C^2 W_g (W_1 + W_2)}. \end{cases}$$

$$(10)\qquad \begin{cases} i = -\dfrac{W_1\Pi_0 + W_2 E}{WW_1 + WW_2 + W_1W_2} = \dfrac{W_1 J_0 - E}{W_1 + W}, \\ \dfrac{di}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(11)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{(W + W_2)E - W\Pi_0}{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{C(W_1 + W_2)} \dfrac{W(E - \Pi_0) - W_1\Pi_0}{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}. \end{cases}$$

Bei der zweiten Anordnung ist der Zweig mit dem Widerstande W_1 (Fig. 31) zuerst offen und wird dann plötzlich geschlossen. Der Condensator fängt an sich zu laden und die Stromstärke i wächst von Null an. Im ersten Augenblicke ist

$$J = i_1 = \frac{E}{W_1 + W_2}.$$

Die Zusammenstellung der Anfangswerthe ist folgende:

$$(12)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{C(W_1 + W_2)}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1W_2 + \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2} \dfrac{E}{LC}. \end{cases}$$

$$(13)\qquad \begin{cases} J = \dfrac{E}{W_1 + W_2}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = -\dfrac{W_1W_2 + \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2} \dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1 + W_2} \dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(15)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1 + W_2}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{W_2^2 - \dfrac{L}{C}}{(W_1 + W_2)^2} \dfrac{E}{L}. \end{cases}$$ [1])

[1]) Noch andere Anfangsbedingungen erhält man z. B. folgenderweise: Wenn das Bahnstück mit dem Widerstande W_2 zuerst offen gehalten und dann zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen wird, so ist $\Pi_0 = 0$ und $\Pi_\infty = \dfrac{W}{W_1 + W} E$. Ist dagegen das Bahnstück mit dem Widerstande W offen und wird zur Zeit $t = 0$ geschlossen, so beginnt Π mit dem Werthe $\Pi_0 = E$ um zu demselben Werthe Π_∞ wie im vorigen Falle schliesslich zu gelangen.

3. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Die Ausdrücke für Π und die Ableitungen von Π ergeben sich für die erste Wahl der Anfangsbedingungen aus den Formeln im Art. 5, II, indem E mit $E' = \frac{W}{W_1 + W} E$ ersetzt wird. Dasselbe gilt die Stromstärken i und i_1, wenn die von t unabhängigen Glieder noch dazu besonders beachtet werden. Die Formelsysteme sind

$$(16)\quad \begin{cases} (W_1 + W)\,\Pi = WE - \{WE - (W_1 + W)\,\Pi_0\}\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{1}{W_g C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}\, e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(17)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W_1}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}\dfrac{1}{\sqrt{a^2-b}}\, e^{-at}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t. \end{cases}$$

$$(18)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W} + \dfrac{W}{W_1+W} J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{C(W_1+W_2)} J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit den Bezeichnungen λ_1 und λ_2 sind diese Formeln

$$(19)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = WE + \{WE - (W_1+W)\,\Pi_0\}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2 - \dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{1}{W_g C}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_g}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(20)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W} - \dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(21)\quad \begin{cases} i_1 - \dfrac{E}{W_1+W} - \dfrac{W}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{1}{C(W_1+W_2)}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen berechnet man die Systeme

$$(22)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}E\left\{1 - e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}e^{-at}\left\{\left(W_1W_2 + \dfrac{L}{C}\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right) - \dfrac{W_1+W}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(23)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 - e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{1}{CW_2}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(24)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 + \dfrac{e^{-at}}{W_1+W_2}\left[(W-W_2)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \left(a(W+W_2+2W_1) - \dfrac{(W_1+W)(W+W_2)}{L}\right)\dfrac{\sinh\sqrt{a^2-b}\,t}{\sqrt{a^2-b}}\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}e^{-at}\left\{\left(W_2^2 - \dfrac{L}{C}\right)\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a\left(W_2^2 - \dfrac{L}{C}\right) + \dfrac{W-W_2}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit Anwendung von λ_1 und λ_2 sind dieselben Gleichungen

$$(25)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{1}{WC}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}. \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2\left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(26)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_2}{L(W_1+W_2)}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(27)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{W-W_2}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_1+\dfrac{1}{C(W-W_2)}-\dfrac{W^2}{L(W-W_2)}\right)e^{-\lambda_1 t}\right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left.-\left(\lambda_2+\dfrac{1}{C(W-W_2)}-\dfrac{W^2}{L(W-W_2)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left[\left(W_2^2-\dfrac{L}{C}\right)\lambda_1+\dfrac{W-W_2}{C}\right]e^{-\lambda_1 t}-\left[\left(W_2^2-\dfrac{L}{C}\right)\lambda_2+\dfrac{W-W_2}{C}\right]e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

4. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten die Formeln (16) bis (21), und die Discussion ist einfach der Discussion im Art. 6, II nachzubilden, in ähnlicher Weise wie die Discussion im Art. 4, III. Die Resultate sind folgende:

Das Potential H wächst ohne Maximum von dem Anfangswerthe H_0 zu dem Endwerthe $\frac{W}{W_1+W}E$.

Die Stromstärke J nimmt ab, von J_0 zu Null.

Die Stromstärke i nimmt immer ab, und zwar von dem Anfangswerthe

$$\frac{W_1 J_0 - E}{W_1+W}$$

zu dem Endwerthe

$$-\frac{E}{W_1+W}.$$

Die induktionselektromotorische Kraft ist Null für $t=0$ und $t=\infty$ und hat zur Zeit

$$(28)\qquad t_1 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

den grössten Werth

$$(29)\qquad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0 e^{-at_1}.$$

Der Anfangswerth von i_1 ist $\frac{WJ_0+E}{W_1+W}$ und der Endwerth $\frac{E}{W_1+W}$. Wenn die Bedingungen

$$(30)\qquad \begin{cases} \dfrac{L}{C} > WW_2, \\ \dfrac{L}{C}+W_1W_2 > W(W_1+W_2) \end{cases}$$

erfüllt sind, so besitzt i_1 zur Zeit

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}} \tag{31}$$

das Minimum

$$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{W_1 + W} - \frac{1}{W_1 + W} \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}} \sqrt{\frac{L}{C} - W W_2} J_0 e^{-\alpha t_2}. \tag{32}$$

Sind die Bedingungen (30) nicht erfüllt, so nimmt i_1 beständig ab.

5. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Indem man sich auf Art. 7, II stützt, findet man jetzt, dass das Potential H zur Zeit

$$t_3 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \frac{W_2}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \frac{W_2}{L}} \tag{33}$$

das Maximum

$$H_{\max} = \frac{W}{W_1 + W} E + \frac{W_1}{W_1 + W} \sqrt{\frac{L}{C}} J_0 e^{-\alpha t_3} \tag{34}$$

erreicht. Der Abscisse

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L}} \tag{35}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der H-Curve.

Die Stromstärke J nimmt von J_0 zu dem der Zeit t_4 angehörenden Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} J_0 e^{-\alpha t_4} \tag{36}$$

ab, und wächst dann bis zu Null, für $t = \infty$.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A).

Aus der Ungleichung

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} + W_1$$

folgt, dass die Bedingungen (30) jetzt immer erfüllt sind. Die Stromstärke i_1 verhält sich deshalb wie in dem unter (A) oben betrachteten Falle, in welchem ein Minimum von i_1 vorhanden ist.

6. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten jetzt die Formeln (22) bis (27).

Für die Beurtheilung des Verhaltens von Π und J kommt die Discussion der Stromstärke i_1 in den Art. 6 und 8, II zum Guten.

Vorausgesetzt, dass die Bedingungen (30) erfüllt sind, besitzt Π ein Maximum, sonst nicht. In dem ersten Falle ergiebt sich dieses Maximum zur Zeit

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W}{L}} \tag{37}$$

und hat die Grösse

$$\Pi_{\max} = \frac{W}{W_1 + W} E \left\{ 1 + \frac{1}{W} \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}} \sqrt{\frac{L}{C} - W W_2}\, e^{-\alpha t_2} \right\}. \tag{38}$$

Der Anfangswerth von Π ist Null, der Endwerth $\frac{W}{W_1 + W} E$. Bestehen die Relationen (30), so hat die Π-Curve einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \frac{W}{L} \right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \frac{W}{L} \right)}, \tag{39}$$

und die Stromstärke J, deren Anfangswerth $\frac{E}{W_1 + W_2}$ und Endwerth Null ist, hat das Minimum

$$J_{\min} = - \frac{E}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \sqrt{1 - \frac{C}{L} W W_2}\, e^{-\alpha t_4}. \tag{40}$$

Wenn die Ungleichheiten (30) nicht erfüllt sind, so bleibt J positiv und hat kein Minimum.

Die Ausdrücke für i und $\frac{di}{dt}$ stimmen vollständig mit den Ausdrücken (28) für i_1 und $\frac{di_1}{dt}$ im Art. 3, III überein. Die Discussion von i_1 im Art. 6, III braucht somit hier nicht wiederholt zu werden.

In dem Falle, dass i ein Minimum besitzt, wozu die Bedingungen (53) III p. 159 erfüllt sein müssen, besitzt auch $-L\frac{di}{dt}$ ein Minimum, und zwar zur Zeit

$$t_5 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \frac{1}{C W_2} \right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \frac{1}{C W_2} \right)} \tag{41}$$

mit dem Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{E}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}\,e^{-at_5}. \tag{42}$$

Sind die Bedingungen (53), III nicht erfüllt, so nimmt $-L\frac{di}{dt}$ beständig ab, von dem Anfangswerthe $\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ zu dem Endwerthe Null.

Die Discussion von i_1 bietet kein besonderes Interesse dar, und mag unterbleiben.

7. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Bei der Discussion von H und J nimmt man Bezug auf die Art. 7 und 9, II, bei der Discussion von i auf den Art. 7, III, die i_1-Werthe betrachtend, und findet dabei folgende Ergebnisse.

Es verhält sich H jetzt wie im Falle (A), unter der Voraussetzung dass die Bedingungen (30) erfüllt sind, und erreicht zur Zeit t_2 das Maximum (38).

Die Stromstärke J hat ein Minimum und verhält sich wie unter (A) für diesen Fall beschrieben wurde.

Die Stromstärke i nimmt beständig ab, von dem Anfangswerthe Null zu dem Endwerthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

Weil $\frac{di}{dt}$ jetzt nicht gleich Null wird, so behält $-L\frac{di}{dt}$ dasselbe Zeichen. Diese Grösse ist positiv für $t=0$, zu welcher Zeit sie den Werth

$$\frac{W_2}{W_1+W_2}E$$

hat, und bleibt somit die ganze Zeit positiv. Es ist für $t=0$

$$-L\frac{d^2i}{dt^2} = \frac{W_1}{(W_1+W_2)^2}\frac{E}{L}\left\{\frac{L}{C}-\frac{W_2}{W_1}(WW_1+WW_2+W_1W_2)\right\} \tag{43}$$

entweder negativ oder positiv, jenachdem

$$\frac{L}{C} \lessgtr \frac{W_2}{W_1}(WW_1+WW_2+W_1W_2) \tag{44}$$

ist. In dem ersten Falle nimmt $-L\frac{di}{dt}$ beständig ab, von dem obigen Anfangswerthe zu Null. In dem zweiten Falle erreicht diese Grösse zur Zeit

$$t_5 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{1}{CW_2}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{1}{CW_2}\right)} \tag{45}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\,\frac{\sqrt{\frac{L}{C}-WW_2}}{W_1+W_2}\,Ee^{-at_0}. \tag{46}$$

8. **Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen.** Die Bedingungen für Uebergangsfälle sind wie früher

$$\text{(A)}\qquad \sqrt{\frac{L}{C}}=\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}-W_1, \tag{47}$$

$$\text{(B)}\qquad \sqrt{\frac{L}{C}}=\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}+W_1. \tag{48}$$

Ferner hat man

$$\begin{cases} a=\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{1}{LC}, \\ c=\pm\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{\sqrt{LC}}, \end{cases} \tag{49}$$

wo das obere Zeichen im Falle (A), das untere im Falle (B) gilt.

In bekannter Weise bekommt man für die erste Wahl der Anfangsbedingungen, im Falle (A) die Formeln

$$\begin{cases} (W_1+W)\,\Pi=WE-\left\{WE-(W_1+W)\,\Pi_0\right\}e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{CW_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}t\right\}, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}=J_0e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=-\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{W_1}{L}t\right\}. \end{cases} \tag{50}$$

$$\begin{cases} i=-\dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W_1}{W_1+W}J_0e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt}=-\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-at}t. \end{cases} \tag{51}$$

$$\begin{cases} i_1=\dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W}{W_1+W}J_0e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt}=-\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases} \tag{52}$$

Für dieselbe erste Wahl der Anfangsbedingungen erhält man im Falle (B) die folgenden Systeme:

N:o 1.

$$(53)\quad \begin{cases} (W_1+W)\,\Pi = W\,E - \left\{W\,E-(W_1+W)\,\Pi_0\right\} e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{CW_g\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0\,e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\,\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}\,e^{-at}\left\{1-\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{W_1}{L}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(54)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W_1}{W_1+W}\,J_0\,e^{-at}\left\{1+\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\,\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\,\dfrac{J_0}{LC}\,e^{-at}\,t. \end{cases}$$

$$(55)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W}{W_1+W}\,J_0\,e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}\,e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen findet man im Falle (A) die Systeme

$$(56)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}\,E\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}\,e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)+W_1\sqrt{W_1+W}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(57)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W_1+W_2}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}, \right. \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\,\dfrac{E}{L}\,e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_2\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(58)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{W_1+W_2}\,e^{-at}\left[W-W_2+W_1\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)^2\dfrac{t}{L}\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}\,e^{-at}\left\{W_2^2-\dfrac{L}{C}-W_1\left(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}\right)^2\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

In dem Falle (B) ergiebt sich, für dieselbe Wahl der Anfangsbedingungen,

$$(59)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}E\left\{1-e^{-at}\left[1-\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W(W_1+W_2)}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1+W_2}e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_1}{\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}e^{-at}\left\{\left(W_1W_2+\dfrac{L}{C}\right)-W_1\sqrt{W_1+W}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(60)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1\sqrt{W_1+W}}{W_1+W_2}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{L}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_2\sqrt{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(61)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1+\dfrac{1}{W_1+W_2}e^{-at}\left[W-W_2-W_1\sqrt{\dfrac{W_1+W}{W_1+W_2}}\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)^2\dfrac{t}{L}\right]\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L(W_1+W_2)^2}e^{-at}\left\{W_2^2-\dfrac{L}{C}+W_1\left(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}\right)^2\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

9. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es bestehen jetzt die Formeln (50), (51) und (52).

Das Potential Π wächst ohne Maximum, von Π_0 zu $\frac{W}{W_1+W}E$. Die Π-Curve hat keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J nimmt ab, von J_0 zu Null.

Die Stromstärke i nimmt ebenfalls ab, von dem Anfangswerthe $\frac{-E+W_1J_0}{W_1+W}$ zu dem schliesslichen Werthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ nimmt zu, von Null zu dem der Zeit

$$(62)\qquad t_1 = \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\sqrt{LC}$$

entsprechenden Maximum

$$(63)\qquad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{J_0}{e},$$

und sinkt dann zurück auf Null.

Der Anfangswerth von i_1 ist $\frac{E+WJ_0}{W_1+W}$, der Endwerth $\frac{E}{W_1+W}$. Wenn $W > W_2$ ist, so nimmt i_1 beständig ab; hat man dagegen $W_2 > W$, so existirt zur Zeit

(64) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

das Minimum

(65) $$(i_1)_{\min} = \frac{E}{W_1 + W} - \frac{W_1 J_0}{W_1 + W} \left(1 - \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}}\right) e^{-\alpha t_2}.$$

10. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Hierzu gehören die Formeln (53), (54) und (55).

Es besitzt jetzt Π ein Maximum und zwar mit der Abscisse

(66) $$t_3 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \sqrt{LC}$$

und dem Werthe

(67) $$\Pi_{\max} = \frac{W}{W_1 + W} \left\{E + \frac{W_1}{W} J_0 \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-\alpha t_3}\right\}.$$

Zur Zeit

(68) $$t_4 = \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} \frac{L}{W_1}$$

hat J das Minimum

(69) $$J_{\min} = -\frac{W_1}{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)}} J_0 e^{-\alpha t_4}$$

Anfangs- und Endwerth sind wie im Falle (A).

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich wie im Falle (A).

Die Stromstärke i_1 hat dieselben Anfangs- und Endwerthe wie im Falle (A). Der Zeit

(70) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

entspricht das Minimum

(71) $$(i_1)_{\min} = \frac{E}{W_1 + W} - \frac{W_1}{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \left(W_2 + \sqrt{\frac{L}{C}}\right) J_0 e^{-\alpha t_2}.$$

11. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es bestehen die Formeln (56), (57) und (58).

Bei der Discussion, welche auf Π, J und i beschränkt werden mag, soll zuerst angenommen werden, dass $W_2 > W$ ist. Alsdann besitzt Π, welches mit dem Werthe Null anfängt und mit dem Werthe $\frac{W}{W_1 + W} E$ endet, zur Zeit

(72) $$t_2 = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \frac{L}{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

das Maximum

(73) $$\Pi_{\max} = \frac{W}{W_1 + W} E \left\{ 1 + \frac{W_1}{W} \left(1 - \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}} \right) e^{-\alpha t_2} \right\}.$$

Die Stromstärke J geht von $\frac{E}{W_1 + W}$ zu Null und erreicht dabei zur Zeit

(74) $$t_4 = \frac{W_1 W_2 + \frac{L}{C}}{W_1 \left(\sqrt{\frac{L}{C}} - W \right)} \sqrt{LC}$$

das Minimum

(75) $$J_{\min} = - \frac{W_1}{W_1 + W_2} \left(\sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} - 1 \right) \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-\alpha t_4}.$$

Der Abscisse t_4 entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Stromstärke i variirt von Null zu $- \frac{E}{W_1 + W}$ und besitzt ein der Abscisse

(76) $$t_3 = \frac{W_2}{W_1} \frac{W_1 + W_2}{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}} \sqrt{LC}$$

entsprechendes Minimum

(77) $$i_{\min} = - \frac{E}{W_1 + W} \left\{ 1 + W_1 \left(1 - \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}} \right) \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha t_3} \right\}.$$

Die induktionselektromotorische Kraft $- L \frac{di}{dt}$ fängt mit dem Werthe $\frac{W_2}{W_1 + W_2} E$ an, nimmt ab, wird Null für $t = t_3$, hat ein Minimum zur Zeit

(78) $$t_5 = \frac{2 W_1 W_2 + (W_2 - W_1) \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1 \left[\sqrt{\frac{L}{C}} - W \right]} \sqrt{LC},$$

mit dem Werthe

(79) $$\left(- L \frac{di}{dt} \right)_{\min} = - \frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{W_2 - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}} E e^{-\alpha t_5}$$

und wächst sodann bis zu dem schliesslichen Werthe Null.

Macht man die Annahme $W > W_2$, so bleiben Anfangs- und Endwerth sämmtlicher Grössen unverändert, jetzt nehmen aber Π beständig zu, J und i beständig ab.

In Bezug auf $-L\frac{di}{dt}$ existiren jetzt zwei Möglichkeiten, jenachdem

$$W_1(\sqrt{W_1+W}-\sqrt{W_1+W_2}) \gtrless W_2\sqrt{W_1+W}$$

ist. In dem ersten Falle nimmt $-L\frac{di}{dt}$ beständig ab, von $\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ zu Null. In dem zweiten Falle besitzt diese Grösse zur Zeit

$$t_5=\frac{(W_1-W_2)\sqrt{\frac{L}{C}}-2W_1W_2}{W_1\left[W-\sqrt{\frac{L}{C}}\right]}\sqrt{LC} \tag{80}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{W_1+W_2}W_2\frac{\sqrt{\frac{L}{C}}-W_2}{\sqrt{\frac{L}{C}}+W_1}Ee^{-\alpha t_5} \tag{81}$$

12. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Hierzu gehören die Formeln (59), (60) und (61).

Es besitzt jetzt das Potential Π immer ein Maximum und zwar zur Zeit

$$t_2=\frac{W_1+W_2}{W_1}\frac{L}{W_2+\sqrt{\frac{L}{C}}} \tag{82}$$

mit dem Werthe

$$\Pi_{\max}=\frac{W}{W_1+W}E\left\{1+\frac{W_1}{W}\left(1+\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1+W_2}}\right)e^{-\alpha t_2}\right\}. \tag{83}$$

Der Abscisse

$$t_3=\frac{W_1W_2+\frac{L}{C}}{W_1\left(\sqrt{\frac{L}{C}}+W\right)}\sqrt{LC} \tag{84}$$

entspricht das folgende Minimum von J

$$J_{\min}=-\frac{W_1}{W_1+W_2}\left(1+\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\right)\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-\alpha t_3}. \tag{85}$$

Die Stromstärke i nimmt immer ab, von Null zu $-\frac{E}{W_1+W}$.

Bei der Discussion von $-L\frac{di}{dt}$ hat man die beiden Fälle

$$W_1(\sqrt{W_1+W}+\sqrt{W_1+W_2}) \gtrless W_2\sqrt{W_1+W}$$

von einander zu unterscheiden. In dem ersten Falle wächst $-L\frac{di}{dt}$ von dem Werthe $\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ zu dem der Zeit

$$t_s = \frac{(W_1-W_2)\sqrt{\frac{L}{C}}+2W_1W_2}{W_1\left(\sqrt{\frac{L}{C}}+W\right)}\sqrt{LC} \tag{86}$$

entsprechenden grössten Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{\sqrt{\frac{L}{C}}+W_2}{\sqrt{\frac{L}{C}}-W_1}Ee^{-\alpha t_s} \tag{87}$$

und nimmt dann bis zu Null ab. In dem zweiten Falle nimmt $-L\frac{di}{dt}$ beständig ab, von $\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ zu Null.

13. **Formeln für die periodische Ladung.** Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen erhält man die Systeme

$$\begin{cases} (W_1+W)\Pi = WE - \left\{WE-(W_1+W)\Pi_0\right\}e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t-\varphi)}{\cos\varphi}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t+\theta)}{\cos\theta}. \end{cases} \tag{88}$$

$$\begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W_1}{W_1+W}J_0 e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t+\omega)}{\sin\omega}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-\alpha t}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC}e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\omega)}{\sin\omega}. \end{cases} \tag{89}$$

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}+\dfrac{W}{W_1+W}J_0 e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t-\sigma)}{\cos\sigma}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{J_0}{C(W_1+W_2)}e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\tau)}{\sin\tau}. \end{cases} \tag{90}$$

Die Bedeutung von φ, ψ, θ, ω, σ und τ ist hierin dieselbe wie in den Systemen (165)···(170), II p. 81 und (99)···(104), III p. 167 und 168.

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen bekommt man

$$(91)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W} E\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t-\sigma)}{\cos\sigma}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{E}{W_1+W_2} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\tau)}{\sin\tau}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1W_2+\dfrac{L}{C}}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\varrho)}{\sin\varrho}. \end{cases}$$

$$(92)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t+\vartheta)}{\sin\vartheta}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\varkappa)}{\sin\varkappa}, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = \dfrac{E}{L^2(W_1+W_2)^2}\left[W_1\dfrac{L}{C} - W_2(WW_1+WW_2+W_1W_2)\right] e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\lambda)}{\sin\lambda}. \end{cases}$$

$$(93)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 + \dfrac{W_2-W}{W_1+W_2} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\mu)}{\sin\mu}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -E\dfrac{W_2^2-\dfrac{L}{C}}{(W_1+W_2)^2 L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t-\nu)}{\sin\nu}. \end{cases}$$

Die Bedeutung von ϱ ist dieselbe wie auf pag. 82, von ϑ und $\varkappa$ wie auf p. 168; als neu kommen hier hinzu λ, μ und ν, welche durch die folgenden Gl. bestimmt werden.

$$(94)\quad \begin{cases} \sin\lambda = \dfrac{1}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\dfrac{LC}{\sqrt{\dfrac{L}{C}-WW_2}}\left[\dfrac{W_2(WW_1+WW_2+W_1W_2)}{L} - \dfrac{W_1}{C}\right]\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\lambda = -\dfrac{1}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\dfrac{LC}{\sqrt{\dfrac{L}{C}-WW_2}}\left\{a\left[\dfrac{W_2(WW_1+WW_2+W_1W_2)}{L} - \dfrac{W_1}{C}\right] - \dfrac{W_2(W_1+W)}{LC}\right\}. \end{cases}$$

$$(95)\quad \begin{cases} \sin\mu = -\sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\dfrac{W-W_2}{\dfrac{L}{C}-WW_2} L\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\mu = \sqrt{\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}}\dfrac{1}{\dfrac{L}{C}-WW_2}\left\{(W+W_1)(W+W_2) - aL(W+W_2+2W_1)\right\}. \end{cases}$$

$$(96)\qquad \begin{cases} \sin\nu = \sqrt{LC}\,\dfrac{W_2^2 - \dfrac{L}{C}}{\dfrac{L}{C} - WW_2}\sqrt{b-a^2}\,, \\ \cos\nu = \sqrt{LC}\,\dfrac{1}{\dfrac{L}{C} - WW_2}\left\{a\left(W_2^2 - \dfrac{L}{C}\right) + \dfrac{W - W_2}{C}\right\}. \end{cases}$$

Die Ausdrücke für die Oscillationszeit und die Dämpfung sind die im Art. 15, II p. 84 gegebenen.

14. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion ist ganz ähnlich den Discussionen in den Art. 16, II und 14, III.

Es gelten die Ungleichheiten (177), Art. 16, II p. 85 und die Π-Curve fängt an wie im Art. 16, II beschrieben worden ist. Für die Extreme von Π hat man

$$(97)\qquad \begin{cases} \Pi_{\max} = \dfrac{W}{W_1 + W}\left\{E + \dfrac{W_1}{W} J_0 \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, e^{-at''}\right\}, \\ \Pi_{\min} = \dfrac{W}{W_1 + W}\left\{E - \dfrac{W_1}{W} J_0 \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, e^{-at''}\right\} \end{cases}$$

Die n ersten Minima sind negativ, falls die Bedingung

$$(98)\qquad \frac{1}{aT}\log\left(\frac{W_1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{J_0}{E}\right) + \frac{\psi}{2\pi} > n$$

erfüllt ist.

Die Schwingungsachse für Π ist die Gerade

$$(99)\qquad \Pi = \frac{W}{W_1 + W} E$$

und wird von der Curve in den Punkten $t^{(5)}$ (Art. 16, II p. 85) geschnitten.

J verhält sich genau wie im Art. 16, II dargelegt ist.

Die Achse der Schwingungen der Stromstärke i ist die Gerade

$$(100)\qquad i = -\frac{E}{W_1 + W}.$$

Die Schnittpunkte der Curve mit der Achse haben die Abscissen $t^{(9)}$. Die extremen Werthe von i sind

$$(101)\qquad \begin{cases} i_{\max} = \dfrac{1}{W_1+W}\left\{-E + W_1 J_0 e^{-\alpha t^{(10)}}\right\}, \\ i_{\min} = \dfrac{1}{W_1+W}\left\{-E - W_1 J_0 e^{-\alpha t^{(11)}}\right\}. \end{cases}$$

Damit n positive grösste Werthe von i vorhanden seien, muss die Bedingung

$$(102)\qquad \frac{1}{\alpha T}\log\frac{W_1 J_0}{E} > n$$

erfüllt sein.

Die Extreme der induktionselektromotorischen Kraft sind die in den Formeln (119), III p. 171 enthaltenen.

Was schliesslich die Stromstärke i_1 betrifft, so liegt ihre Schwingungsachse im Abstande $\frac{E}{W_1+W}$ auf der positiven Seite der Achse der Abscissen. Die Schnittpunkte der Achse mit der Curve ergeben sich für $t = t^{(6)}$ (Art. 16, II), und die Extreme sind

$$(103)\qquad \begin{cases} (i_1)_{\max} = \dfrac{1}{W_1+W}\left\{E + J_0\sqrt{\dfrac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\dfrac{L}{C} - WW_2}\, e^{-\alpha t^{(7)}}\right\} \\ (i_1)_{\min} = \dfrac{1}{W_1+W}\left\{E - J_0\sqrt{\dfrac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\dfrac{L}{C} - WW_2}\, e^{-\alpha t^{(8)}}\right\}. \end{cases}$$

Die n ersten Minima sind negativ, falls die Ungleichheit

$$(104)\qquad \frac{1}{\alpha T}\log\left\{\frac{J_0}{E}\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W_2}}\sqrt{\frac{L}{C} - WW_2}\right\} > n + \frac{1}{2}\frac{\tau}{\pi}$$

besteht.

15. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Phasenwinkeln σ, τ u. s. w. liegen in den folgenden Intervallen

$$(105)\qquad \begin{cases} -\frac{\pi}{2} < \sigma < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \tau < \pi, \\ 0 < \varrho < \pi, \\ 0 < \vartheta < \pi, \\ 0 < \varkappa < \pi. \\ 0 < \lambda < \pi, \quad \text{falls } \dfrac{L}{C} < \dfrac{W_2}{W_1}(WW_1 + WW_2 + W_1W_2), \\ -\pi < \lambda < 0, \quad \text{falls } \dfrac{L}{C} > \dfrac{W_2}{W_1}(WW_1 + WW_2 + W_1W_2), \\ -\pi < \mu < 0, \quad \text{falls } W > W_2, \\ 0 < \mu < \pi, \quad \text{falls } W_2 > W, \\ 0 < \nu < \pi, \quad \text{falls } W_2^2 > \dfrac{L}{C}, \\ -\pi < \nu < 0, \quad \text{falls } W_2^2 < \dfrac{L}{C}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt in der Weise an, dass zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. folgt. Für die Maxima von Π hat man

(106) $$t' = \left(2n + \frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

(107) $$\Pi_{\max} = \frac{W}{W_1 + W} E\left\{1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\,\frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W W_2}}{W}\, e^{-\alpha t'}\right\}.$$

und für die Minima

(108) $$t'' = \left(2n + 1 + \frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

(109) $$\Pi_{\min} = \frac{W}{W_1 + W} E\left\{1 - \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\,\frac{\sqrt{\frac{L}{C} - W W_2}}{W}\, e^{-\alpha t''}\right\}.$$

Die Schnittpunkte mit der Schwingungsachse $\Pi = \frac{W}{W_1 + W} E$ haben die Abscissen

(110) $$t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots).$$

Die Stromstärke J ist gleich Null zu den Zeiten t' und t'', hat zu den Zeiten

(111) $$t''' = \left(2n + 1 + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

die Maxima

(112) $$J_{\max} = \frac{\sqrt{W_1\left(\frac{L}{C} - W W_2\right)}}{(W_1 + W)^{\frac{3}{2}}}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E e^{-\alpha t'''},$$

und zu den Zeiten

(113) $$t^{(4)} = \left(2n + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

die Minima

(114) $$J_{\min} = -\frac{\sqrt{W_1\left(\frac{L}{C} - W W_2\right)}}{(W_1 + W)^{\frac{3}{2}}}\sqrt{\frac{C}{L}}\, E e^{-\alpha t^{(4)}}.$$

Den Abscissen t''' und $t^{(4)}$ entsprechen Inflexionspunkte der Π-Curve.

Die Stromstärke i hat zu den Zeiten

(115) $$t^{(10)} = \left(2n + 1 + \frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

die Maxima

(116) $$i_{\max} = -\frac{E}{W_1 + W}\left\{1 - \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\sqrt{1 - \frac{C}{L} W W_2}\, e^{-\alpha t^{(10)}}\right\},$$

und zu den Zeiten

(117) $$t^{(11)} = \left(2n + \frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

die Minima

(118) $$i_{\min} = -\frac{E}{W_1 + W}\left\{1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W_2}}\sqrt{1 - \frac{C}{L}WW_2}\, e^{-\alpha t^{(11)}}\right\}.$$

Die Achse der Schwingungen von i, d. h. die Gerade

(119) $$i = -\frac{E}{W_1 + W}$$

wird von der Curve in den Punkten

(120) $$t^{(9)} = \left(n - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots).$$

geschnitten.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat zu den Zeiten

(121) $$t^{(12)} = \left(2n + 1 + \frac{\lambda}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

ihre Maxima

(122) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} \quad \frac{\sqrt{W_1\left(\frac{L}{C} - WW_2\right)}}{(W_1 + W_2)\sqrt{W_1 + W}}\, E e^{-\alpha t^{(12)}}$$

und zu den Zeiten

(123) $$t^{(13)} = \left(2n + \frac{\lambda}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \qquad \begin{cases}(n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \text{ für } \lambda > 0,\\ (n = 1,\ 2\cdots) \text{ für } \lambda < 0,\end{cases}$$

ihre Minima

(124) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{\sqrt{W_1\left(\frac{L}{C} - WW_2\right)}}{(W_1 + W_2)\sqrt{W_1 + W}}\, E e^{-\alpha t^{(13)}}.$$

Für die Schnittpunkte der die Stromstärke i_1 darstellenden Curve mit ihrer Schwingungsachse

$$i_1 = \frac{E}{W_1 + W}$$

hat man

(125) $$t^{(6)} = \left(n + \frac{\mu}{\pi}\right)\frac{T}{2},$$

worin n mit dem Werthe 0 oder 1 anfängt, jenachdem $W_2 > W$ oder $W > W_2$ ist.

Die Maxima von i_1 kommen vor zu den Zeiten

(126) $$t^{(7)} = \left(2n + \frac{\nu}{\pi}\right)\frac{T}{2},$$

worin n mit 0 oder 1 beginnt, jenachdem $W_2^2 > \frac{L}{C}$ oder $W_2^2 < \frac{L}{C}$ ist, und sind

$$(127) \qquad (i_1)_{\max} = \frac{E_1}{W_1 + W}\left\{1 + \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{(W_1 + W_2)\sqrt{\frac{L}{C}}} e^{-at^{(7)}}\right\}$$

Für die Zeitpunkte der Minima hat man

$$(128) \qquad t^{(8)} = \left(2n + 1 + \frac{\nu}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots).$$

Die Minima haben die Werthe

$$(129) \qquad (i_1)_{\min} = \frac{E}{W_1 + W}\left\{1 - \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{(W_1 + W_2)\sqrt{\frac{L}{C}}} e^{-at^{(8)}}\right\}.$$

IV a. Anordnung wie im Abschn. IV, mit der ferneren Bestimmung: $W_2 = 0$.

16. **Allgemeines.** Wie in den Abschn. III und III a, soll hier noch der specielle Fall in Betracht gezogen werden, in welchem $W_2 = 0$ ist. Es hat dann die Strombahn die nebenan veranschaulichte Anordnung.

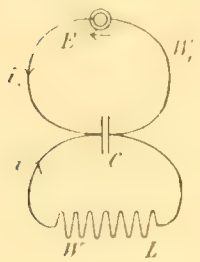


Fig. 33.

Die Differentialgleichung des Ladungsvorganges ist

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + 2a\frac{d\Pi}{dt} + b\Pi = \frac{W}{W_1}\frac{E}{LC}, \tag{130}$$

mit den Bezeichnungen

$$\begin{cases} 2a = \dfrac{W}{L} + \dfrac{1}{CW_1}, \\ b = \dfrac{W_1 + W}{W_1}\dfrac{1}{LC}. \end{cases} \tag{131}$$

Ferner hat man

$$2c = \frac{W}{L} - \frac{1}{CW_1}, \tag{132}$$

$$W_g = \frac{WW_1}{W_1 + W}. \tag{133}$$

Die Bedingungen für aperiodische und für periodische Ladung sind im Art. 20, II a dargelegt. Der Kürze wegen werden in diesem Abschnitte die Uebergangsfälle ausgelassen.

Der Zusammenhang zwischen Π, i und i_1 ist folgender:

$$\begin{cases} i = -\dfrac{E - \Pi}{W_1} + C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i_1 = \dfrac{E}{W_1} - \dfrac{\Pi}{W_1}. \end{cases} \tag{134}$$

17. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen sind $\Pi = \Pi_0$ und $J_0 = i + i_1$ für $t = 0$ vorgeschrieben. Man bekommt aus den Formeln (19), (20) und (21), IV p. 185, indem man $W_2 = 0$ setzt, die Systeme

$$(135)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}\left\{E + W_1 J_0 \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{CWW_1}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{CWW_1}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\dfrac{1}{CW_1}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(136)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W} - \dfrac{W_1}{W_1+W}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{LC}\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen folgt aus den Formeln (25), (26) und (27), IV, p. 186

$$(137)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1+W}E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{WW_1C}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{WW_1C}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2\left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(138)\quad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1+W}\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left(\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{E}{LW_1}\dfrac{1}{C(\lambda_1-\lambda_2)}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right). \end{cases}$$

18. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ergiebt sich in diesem Falle folgendes.

Π wächst beständig, von Π_0 zu $\frac{W}{W_1+W}E$. Die Π-Curve hat keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J nimmt ab, von dem Anfangswerthe $\frac{W_1 J_0 - E}{W_1+W}$ zu dem Endwerthe $-\frac{E}{W_1+W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ ist Null für $t=0$ und $t=\infty$, sonst positiv, und hat zur Zeit

$$t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \tag{139}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0e^{-at_1}. \tag{140}$$

Die Stromstärke i_1 nimmt beständig ab, von $\frac{WJ_0+E}{W_1+W}$ zu $\frac{E}{W_1+W}$.

19. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Anfangs- und Endwerthe sämmtlicher Grössen sind dieselben wie im Falle (A). Jetzt besitzt Π zur Zeit

$$t_3=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}} \tag{141}$$

das Maximum

$$\Pi_{\max}=\frac{W}{W_1+W}E\left\{1+\frac{W_1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0e^{-at_3}\right\}. \tag{142}$$

Der Abscisse

$$t_4=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}} \tag{143}$$

entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Grössen i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich genau wie im Falle (A).

Die Stromstärke i_1 besitzt für $t=t_3$ das Minimum

$$(i_1)_{\min}=\frac{E}{W_1+W}\left\{1-\sqrt{\frac{L}{C}}J_0e^{-at_3}\right\}. \tag{144}$$

20. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Aus dem Art. 6, IV geht durch Nullsetzen von W_2 folgendes hervor. Die Bedingungen (30), IV p. 187 können für $W_2=0$ nicht erfüllt sein, und folglich besitzt Π jetzt kein Maximum. Der Anfangswerth von Π ist Null, der Endwerth $\frac{W}{W_1+W}E$. Die Π-Curve hat keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke i nimmt ab, von Null zu $-\frac{E}{W_1+W}$.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ nimmt zuerst zu, von dem Werthe Null zu dem der Zeit

(145) $$t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

entsprechenden Maximum

(146) $$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{E}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-at_1},$$

und sinkt dann allmählig auf Null zurück.

Die Stromstärke i_1 nimmt ab, von $\frac{E}{W_1}$ zu $\frac{E}{W_1+W}$.

21. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gilt nur die Discussion im Art. 7, IV zu specialisiren für $W_2=0$.

Das Potential Π erreicht zur Zeit

(147) $$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}}$$

das Maximum

(148) $$\Pi_{\max}=\frac{W}{W_1+W}E\left\{1+\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-at_2}\right\}.$$

Die Anfangs- und Endwerthe sind wie im Falle (A). Die Π-Curve hat einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

(149) $$t_4=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)}$$

In Bezug auf i und $-L\frac{di}{dt}$ gilt das im Falle (A) gefundene.

Die Stromstärke i_1 hat das der Zeit t_2 entsprechende Minimum

(150) $$(i_1)_{\min}=\frac{E}{W_1+W}\left\{1-\frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}e^{-at_2}\right\}.$$

22. **Formeln für die periodische Ladung.** Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen geht, indem $W_2=0$ gesetzt wird, aus den Formeln (88), (89), (90), IV p. 197 hervor

$$(151)\qquad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1 + W}\left\{E - W_1 J_0\, e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{CW_1}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t + \theta)}{\cos\theta}. \end{cases}$$

$$(152)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{1}{W_1 + W}\left\{-E + W_1 J_0\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin\omega}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{J_0}{LC}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{J_0}{LC}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

Es haben hierbei φ, ψ, θ und ω die im Art. 27, II a p. 110 angegebenen Werthe.

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen erhält man aus dem Art. 13, IV mit $W_2 = 0$ die Systeme

$$(153)\qquad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W}{W_1 + W}\, E\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}\right\}, \\ C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{W_1}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{E}{CW_1^2}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t + \theta)}{\cos\theta}. \end{cases}$$

$$(154)\qquad \begin{cases} i = -\dfrac{E}{W_1 + W}\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t + \omega)}{\sin\omega}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{LC}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{E}{W_1}\dfrac{1}{LC}\, e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \omega)}{\sin\omega}. \end{cases}$$

In diesen Formeln sind φ, ψ, θ und ω dieselben Grössen wie oben.

23. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ist sehr wenig an der Discussion im Art. 14, IV für den gegenwärtigen Zweck zu ändern.

Die Formeln für Π und i bestehen unverändert.

Die E. M. K. der Induktion hat jetzt die Extreme

$$\left\{\begin{aligned}\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} &= \sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,J_0 e^{-at^{(12)}},\\ \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} &= -\sqrt{\frac{W_1}{W_1+W}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,J_0 e^{-at^{(13)}}.\end{aligned}\right. \tag{155}$$

Die extremen Werthe von i_1 sind

$$\left\{\begin{aligned}(i_1)_{\max} &= +\frac{E}{W_1+W}+\frac{1}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,J_0 e^{-at^{(7)}},\\ (i_1)_{\min} &= +\frac{E}{W_1+W}-\frac{1}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,J_0 e^{-at^{(8)}}.\end{aligned}\right. \tag{156}$$

Die n ersten Minima von i_1 sind negativ, falls die Bedingung

$$\frac{1}{aT}\log\left\{\frac{J_0}{E}\sqrt{\frac{L}{C}}\right\} > n+\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\frac{\psi}{\pi} \tag{157}$$

erfüllt wird.

24. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ergeben sich jetzt Maxima von Π zu den Zeiten

$$t' = \left(2n+1-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{158}$$

mit den Werthen

$$\Pi_{\max} = \frac{W}{W_1+W}E\left\{1+\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at'}\right\} \tag{159}$$

und Minima zu den Zeiten

$$t'' = \left(2n-\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots) \tag{160}$$

mit den Werthen

$$\Pi_{\min} = \frac{W}{W_1+W}E\left\{1-\frac{1}{W}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at''}\right\}. \tag{161}$$

Die Schwingungsachse wird geschnitten in den Punkten

$$t^{(5)} = \left(n+\frac{1}{2}+\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{162}$$

Die grösten Werthe von i gehören den Zeiten

$$t^{(10)} = 2n\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{163}$$

an, und sind

$$i_{\max} = -\frac{E}{W_1 + W}\left(1 - e^{-at^{(10)}}\right), \tag{164}$$

die kleinsten Werthe kommen vor zu den Zeiten

$$t^{(11)} = (2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{165}$$

und sind

$$i_{\min} = -\frac{E}{W_1 + W}\left(1 + e^{-at^{(11)}}\right). \tag{166}$$

Die Schwingungsachse wird von der i-Curve in den Punkten

$$t^{(9)} = \left(n + 1 - \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{167}$$

geschnitten.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ ist Null zu den Zeiten $t^{(10)}$ und $t^{(11)}$, hat zu den Zeiten

$$t^{(12)} = \left(2n + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{168}$$

die Maxima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{E}{\sqrt{W_1(W_1 + W)}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at^{(12)}}, \tag{169}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(13)} = \left(2n + 1 + \frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{170}$$

die Minima

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{W_1(W_1 + W)}}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at^{(13)}}. \tag{171}$$

Die i_1-Curve schneidet ihre Schwingungsachse in den Punkten $t^{(5)}$, i_1 hat für $t = t''$ die Maxima

$$(i_1)_{\max} = \frac{E}{W_1 + W}\left\{1 + \frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at''}\right\}, \tag{172}$$

und für $t = t'$ die Minima

$$(i_1)_{\min} = \frac{E}{W_1 + W}\left\{1 - \frac{1}{W_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\,e^{-at'}\right\}. \tag{173}$$

Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass es jetzt keine negative Werthe $(i_1)_{\min}$ giebt.

V. Ein induktionsfreier Widerstand ist der Stromquelle E parallel geschaltet.

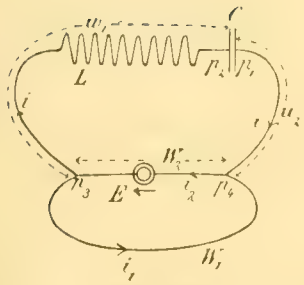


Fig. 34.

1. **Differentialgleichung der Ladung des Condensators. Charakter der Ladung.** Die Anordnung ist in der Fig. 34 veranschaulicht. Es kommen drei Widerstände vor, W_1, W_2 und $w_1 + w_2 = W$. Nichtdestoweniger ist die Anordnung wesentlich einfacher als die in den Abschn. II, III und IV untersuchten Anordnungen. Wie unten gezeigt werden soll, kann die Behandlung auf die Untersuchung im Abschn. I zurückgeführt werden, wenigstens in der Hauptsache. Mit den Bezeichnungen in der Figur bekommt man die Gl.

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} p_4 - p_3 + E = i_2 W_2, \\ p_3 - p_4 = i_1 W_1, \\ p_1 - p_4 = i w_2, \\ p_1 - p_2 - L\dfrac{di}{dt} = i w_1, \\ i_2 = i + i_1, \\ i = C\dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{array}\right.$$

Setzt man wie vorher

$$(2)\qquad p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P,$$

so folgt aus den obigen Gl.

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{l} P = i_1 W_1 = E - i_2 W_2, \\ P - \Pi - L\dfrac{di}{dt} = i W, \\ i_2 = i + i_1; \quad i = C\dfrac{d\Pi}{dt}. \end{array}\right.$$

Hieraus leitet man die folgende Diff.-Gl. für Π

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left(W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\right)\frac{1}{L}\frac{d\Pi}{dt}+\frac{1}{LC}\Pi=\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{LC}, \tag{4}$$

und die Formeln

$$\begin{cases} I=\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\left(E-W_2C\dfrac{d\Pi}{dt}\right), \\ \\ \iota=C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ \\ i_1=\dfrac{1}{W_1+W_2}\left(E-W_2C\dfrac{d\Pi}{dt}\right), \\ \\ i_2=\dfrac{1}{W_1+W_2}\left(E+W_1C\dfrac{d\Pi}{dt}\right) \end{cases} \tag{5}$$

ab.

Indem der Gesammtwiderstand zwischen den Condensatorpolen mit W' bezeichnet wird, wobei also

$$W'=W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2} \tag{6}$$

ist, geht die Diff.-Gl. (4) über in

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\frac{W'}{L}\frac{d\Pi}{dt}+\frac{1}{LC}\Pi=\frac{W_1}{W_1+W_2}\frac{E}{LC}, \tag{7}$$

und diese Diff.-Gl. wird identisch mit der Diff.-Gl. (9), I, p. 12, indem man

$$\frac{W_1}{W_1+W_2}E$$

mit E' ersetzt.

Zur Verkürzung werde wie im Art. 2, 1

$$2a=\frac{W'}{L};\quad b=\frac{1}{LC} \tag{8}$$

gesetzt.

Die Ladung ist aperiodisch, falls die Bedingung

$$W'>2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{9}$$

oder vollständiger

$$W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}>2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{10}$$

erfüllt wird, und oscillirend, wenn die Ungleichheit

$$W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}<2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{11}$$

besteht. Es existirt nur ein Uebergangsfall, und zwar für

$$W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}. \tag{12}$$

2. **Anfangsbedingungen.** Es sollen auch hier zwei Arten von Anfangsbedingungen in's Auge gefasst werden. Bei der ersten Anordnung sind die Condensatorpolen mit einem induktionsfreien Widerstande w verbunden, welcher zur Zeit $t = 0$ gebrochen wird, bei der zweiten Anordnung ist der die Stromquelle E enthaltende Zweig mit dem Widerstande W_2 ursprünglich offen und wird zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen.

In dem ersten Falle bekommt man als Initialwerthe, für $t = 0$,

$$\begin{cases} \Pi = \Pi_0 = \dfrac{w}{W' + w} E', \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{i_0}{C} = \dfrac{E'}{C(W' + w)} = \dfrac{E' - \Pi_0}{C W'}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0. \end{cases} \tag{13}$$

$$\begin{cases} i = i_0, \\ \dfrac{di}{dt} = 0. \end{cases} \tag{14}$$

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1 + W_2}(E - W_2 i_0), \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0. \end{cases} \tag{15}$$

$$\begin{cases} i_2 = \dfrac{1}{W_1 + W_2}(E + W_1 i_0), \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0. \end{cases} \tag{16}$$

Die Anfangswerthe für Π und i stimmen der Form nach mit denjenigen in den Art. 6 und 14, I überein, deren Resultate hier direct benützt werden können. Die Stromstärken i_1 und i_2 werden mittels der einfachen Formeln

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{E - W_2 i}{W_1 + W_2}, \\ i_2 = \dfrac{E + W_1 i}{W_1 + W_2} \end{cases} \tag{17}$$

uas i abgeleitet, und brauchen deshalb nicht besonders discutirt zu werden.

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen hat man, für $t=0$,

$$(18)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{LC}. \end{cases}$$

$$(19)\qquad \begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(20)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W_2}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_1W_2}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(21)\qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{E}{W_1+W_2}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{W_1^2}{(W_1+W_2)^2}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

In den Art. 7 und 15, I sind die Anfangsbedingungen für Π und i ganz ähnlicher Art, so dass die dortigen Resultate unmittelbar für den jetzt zu behandelnden Fall verwerthet werden können.

3. **Aperiodische Ladung. Erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Mit Anwendung der Bezeichnungen

$$\lambda_1 = a + \sqrt{a^2-b}; \quad \lambda_2 = a - \sqrt{a^2-b}$$

sind die Formeln

$$(22)\qquad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}E + \dfrac{W'i_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_2 - \dfrac{1}{W'C}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{1}{W'C}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{i_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{1}{LC}\dfrac{i_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right). \end{cases}$$

$$(23)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E + \dfrac{W_2 i_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left(\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}, \\ i_2 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E - \dfrac{W_1 i_0}{\lambda_1-\lambda_2}\left(\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}. \end{cases}$$

In Bezug auf Π bemerkt man, dass die Curve mit ihrem Inflexionspunkte anfängt. Π wächst beständig, von Π_0 zu $E' = \frac{W_1}{W_1+W_2} E$.

Die Stromstärke i bleibt positiv und nimmt ab, von i_0 zu dem schliesslichen Werthe Null.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat Null als Anfangs- und Endwerth und besitzt zur Zeit

$$(24)\qquad t_1 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

das Maximum

$$(25)\qquad \left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\frac{L}{C}}\, i_0 e^{-at_1}.$$

Die Stromstärke i_1 nimmt zu, von $\frac{E - W_2 i_0}{W_1+W_2}$ zu $\frac{E}{W_1+W_2}$, die Stromstärke i_2 ab, von $\frac{E+W_1 i_0}{W_1+W_2}$ zu $\frac{E}{W_1+W_2}$.

4. **Aperiodische Ladung. Zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle sind die Formeln

$$(26)\qquad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_1}{W_1+W_2} E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ i = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left\{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\dfrac{E}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left\{\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(27)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{W_1+W_2}\left\{1 + \dfrac{W_1 W_2}{W_1+W_2}\dfrac{1}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}, \\ i_2 = \dfrac{E}{W_1+W_2}\left\{1 - \dfrac{W_1^2}{W_1+W_2}\dfrac{1}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)\right\}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Minimum an und das Potential wächst von Null an zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_1}{W_1+W_2} E$. Ein Inflexionspunkt der Curve ergiebt sich zur Zeit

$$(28)\qquad t_1 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2}.$$

Die Stromstärke i bleibt positiv, ausgenommen zu den Zeiten $t=0$ und $t=\infty$, zu welchen sie Null ist. Dem Werthe t_1 entspricht das Maximum

$$i_{\max}=\frac{W_1}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha t_1}. \tag{29}$$

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ fängt mit dem Werthe $-\frac{W_1}{W_1+W_2}E$ an, wächst, wird gleich Null zur Zeit t_1, erreicht zur Zeit $2t_1$ das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1}{W_1+W_2}E\,e^{-2\alpha t_1}, \tag{30}$$

und nimmt dann bis Null ab.

Die Stromstärke i_1 hat den Anfangswerth $\frac{E}{W_1+W_2}$ und denselben Endwerth, zur Zeit t_1 erreicht sie das Minimum

$$(i_1)_{\min}=\frac{E}{W_1+W_2}\left\{1-\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t_1}\right\}. \tag{31}$$

Die Stromstärke i_2 hat ebenfalls den Anfangs- und Endwerth $\frac{E}{W_1+W_2}$ und besitzt für $t=t_1$ das Maximum

$$(i_2)_{\max}=\frac{E}{W_1+W_2}\left\{1+\frac{W_1^2}{W_1+W_2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t_1}\right\}. \tag{32}$$

Eine nähere Behandlung der Uebergangsfalles werde ausgelassen und der periodische Fall jetzt vorgenommen.

5. **Periodische Ladung. Erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Mit den Bezeichnungen

$$\begin{cases}\sin\psi=\beta\sqrt{LC}\\ \cos\psi=\frac{1}{2}W'\sqrt{\frac{C}{L}}\end{cases} \tag{33}$$

bekommt man die Formeln

$$\begin{cases}\Pi=\frac{W_1}{W_1+W_2}E-\frac{i_0}{C\beta}e^{-\alpha t}\sin(\beta t+2\psi),\\ i=i_0e^{-\alpha t}\frac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi},\\ \frac{di}{dt}=-\frac{i_0}{LC}e^{-\alpha t}\frac{\sin\beta t}{\beta}.\end{cases} \tag{34}$$

$$(35)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E - W_2 i_0 e^{-at}\dfrac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi}\right\}, \\ i_2 = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E + W_1 i_0 e^{-at}\dfrac{\sin(\beta t+\psi)}{\sin\psi}\right\}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte an, dann kommt ein Maximum, ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Die ausgezeichneten Werthe von t sind dieselben wie im Art. 14, I. Extreme Werthe von Π sind

$$(36)\qquad \begin{cases} \Pi_{\max} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}E + \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, i_0 e^{-at'}, \\ \Pi_{\min} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}E - \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, i_0 e^{-at''}, \end{cases}$$

von i

$$(37)\qquad \begin{cases} i_{\max} = i_0 e^{-at'''}, \\ i_{\min} = -i_0 e^{-at^{(4)}}, \end{cases}$$

von i_1

$$(38)\qquad \begin{cases} (i_1)_{\max} = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E + W_2 i_0 e^{-at^{(4)}}\right\}, \\ (i_1)_{\min} = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E - W_2 i_0 e^{-at'''}\right\}, \end{cases}$$

von i_2

$$(39)\qquad \begin{cases} (i_2)_{\max} = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E + W_1 i_0 e^{-at'''}\right\} \\ (i_2)_{\min} = \dfrac{1}{W_1+W_2}\left\{E - W_1 i_0 e^{-at^{(4)}}\right\}, \end{cases}$$

und von $-L\dfrac{di}{dt}$

$$(40)\qquad \begin{cases} \left(-L\dfrac{di}{dt}\right)_{\max} = \sqrt{\dfrac{L}{C}}\, i_0 e^{-at^{(6)}}. \\ \left(-L\dfrac{di}{dt}\right)_{\min} = -\sqrt{\dfrac{L}{C}}\, i_0 e^{-at^{(7)}}, \end{cases}$$

wobei

$$(41)\qquad \begin{cases} t^{(6)} = \left(2n + \dfrac{\psi}{\pi}\right)\dfrac{T}{2} & (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \\ t^{(7)} = \left(2n+1+\dfrac{\psi}{\pi}\right)\dfrac{T}{2} & (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \end{cases}$$

sind.

6. **Periodische Ladung. Zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Mit den Bezeichnungen

$$\begin{cases} \sin\varphi = \frac{1}{2} W' \sqrt{\frac{C}{L}}, \\ \cos\varphi = \beta \sqrt{LC}, \end{cases} \tag{42}$$

woraus

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \psi$$

sich ergiebt, bekommt man die Formeln

$$\begin{cases} \Pi = \frac{W_1}{W_1 + W_2} E \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \frac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi} \right\}, \\ i = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{E}{L\beta} e^{-\alpha t} \sin\beta t, \\ \frac{di}{dt} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \frac{E}{L} e^{-\alpha t} \frac{\cos(\beta t + \varphi)}{\cos\varphi}. \end{cases} \tag{43}$$

$$\begin{cases} i_1 = \frac{E}{W_1 + W_2} \left\{ 1 - \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \frac{1}{L\beta} e^{-\alpha t} \sin\beta t \right\}, \\ i_2 = \frac{E}{W_1 + W_2} \left\{ 1 + \frac{W_1^2}{W_1 + W_2} \frac{1}{L\beta} e^{-\alpha t} \sin\beta t \right\}. \end{cases} \tag{44}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Minimum an. Indem man die im Art. 15, I vorkommenden ausgezeichneten t-Werthe benutzt, findet man folgende Extreme, für Π:

$$\begin{cases} \Pi_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} E \left\{ 1 + e^{-\alpha t'} \right\}, \\ \Pi_{\min} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} E \left\{ 1 - e^{-\alpha t''} \right\}, \end{cases} \tag{45}$$

für i:

$$\begin{cases} i_{\max} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-\alpha t'''}, \\ i_{\min} = -\frac{W_1}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-\alpha t^{(4)}}, \end{cases} \tag{46}$$

für i_1:

$$\begin{cases} (i_1)_{\max} = \frac{E}{W_1 + W_2} \left\{ 1 + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha t^{(4)}} \right\}, \\ (i_1)_{\min} = \frac{E}{W_1 + W_2} \left\{ 1 - \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha t'''} \right\}, \end{cases} \tag{47}$$

für i_2:

$$(48)\quad \begin{cases} (i_2)_{\max} = \dfrac{E}{W_1+W_2}\left\{1+\dfrac{W_1^2}{W_1+W_2}\sqrt{\dfrac{C}{L}}\,e^{-at'''}\right\}, \\ (i_2)_{\min} = \dfrac{E}{W_1+W_2}\left\{1-\dfrac{W_1^2}{W_1+W_2}\sqrt{\dfrac{C}{L}}\,e^{-at^{(4)}}\right\}, \end{cases}$$

für $-L\dfrac{di}{dt}$:

$$(49)\quad \begin{cases} \left(-L\dfrac{di}{dt}\right)_{\max} = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}Ee^{-at^{(6)}}, \\ \left(-L\dfrac{di}{dt}\right)_{\min} = -\dfrac{W_1}{W_1+W_2}Ee^{-at^{(7)}}, \end{cases}$$

wobei

$$(50)\quad t^{(6)} = \left(2n+1-\frac{2\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots)$$

und

$$(51)\quad t^{(7)} = \left(2n-\frac{2\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

gesetzt worden ist.

7. Periode und Dämpfung der Schwingungen. Die Periode der Schwingungen des Potentiales H und der Stromstärken beträgt

$$(52)\quad T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W'^2}}.$$

Für kleine Werthe von W' ist T fast unabhängig von dem Widerstande, für grössere Werthe wächst die Oscillationszeit mit wachsendem W', somit auch mit wachsendem W, W_1 und W_2. Als Function von L und C verhält sich T wie im Art. 16, I dargelegt worden ist.

Für das logaritmische Decrement der Schwingungen hat man

$$(53)\quad \alpha = \frac{\pi}{2}W'\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W'^2}}.$$

Das Decrement wächst, wenn W, W_1, W_2 oder C wachsen, und nimmt mit wachsendem L immer ab.

VI. Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit der Stromquelle E und dem Selbstinduktion enthaltenden Theile des Stromkreises.

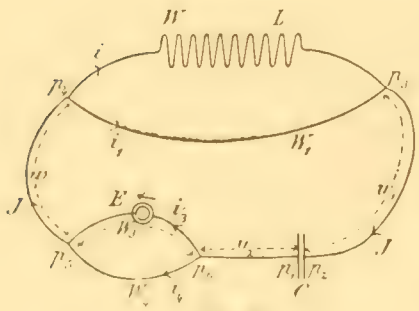


Fig. 35.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die Fig. 35 veranschaulicht eine Anordnung, wobei, kurz ausgedruckt, E und L mit einem induktionsfreien Nebenschlusse versehen sind. Mit den Bezeichnungen in der Figur erhält man folgende Gleichungen

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} p_4 - p_3 - L\dfrac{di}{dt} - iW, \\ p_4 - p_3 = i_1 W_1, \\ J = \dfrac{p_5 - p_4}{w} = \dfrac{p_3 - p_2}{w_1} = \dfrac{p_1 - p_6}{w_2}, \\ p_6 - p_5 + E = i_3 W_3, \\ p_6 - p_5 = i_4 W_4, \\ J = i + i_1 = i_3 + i_4, \\ J = C\dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{array}\right.$$

Setzt man

$$(2)\qquad w + w_1 + w_2 = W_2$$

und führt die drei Potentialdifferenzen

$$(3)\qquad p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P; \quad p_5 - p_6 = Q$$

ein, aus welchen jede beliebige Potentialdifferenz zu berechnen ist, so erhält man folgendes System von Gl,

$$(4)\qquad \begin{cases} P+L\dfrac{di}{dt}+iW=0, \\ P+i_1W_1=0, \\ P-\Pi+Q=JW_2, \\ Q-E+i_3W_3=0, \\ Q+i_4W_4=0, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}=i+i_1=i_3+i_4. \end{cases}$$

Diese acht Gl. enthalten die acht unbekannten Grössen Π, P, Q, J, i, i_1, i_3 und i_4. Ohne Schwierigkeit berechnet man folgende Ausdrücke, welche die sieben letzten Grössen als Functionen von Π und der ersten Ableitung von Π geben.

$$(5)\qquad P=\left(W_2+\frac{W_3W_4}{W_3+W_4}\right)C\frac{d\Pi}{dt}+\Pi-\frac{W_4}{W_3+W_4}E,$$

$$(6)\qquad Q=\frac{W_4}{W_3+W_4}\left(E-W_3C\frac{d\Pi}{dt}\right).$$

$$(7)\qquad \begin{cases} J=C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i=\left[1+\dfrac{1}{W_1}\left(W_2+\dfrac{W_3W_4}{W_3+W_4}\right)\right]C\dfrac{d\Pi}{dt}+\dfrac{\Pi}{W_1}-\dfrac{W_4}{W_1(W_3+W_4)}E, \\ i_1=-\dfrac{1}{W_1}\left\{\left(W_2+\dfrac{W_3W_4}{W_3+W_4}\right)C\dfrac{d\Pi}{dt}+\Pi-\dfrac{W_4}{W_3+W_4}E\right\}. \\ i_3=\dfrac{1}{W_3+W_4}\left\{W_4C\dfrac{d\Pi}{dt}+E\right\}, \\ i_4=\dfrac{1}{W_3+W_4}\left\{W_3C\dfrac{d\Pi}{dt}-E\right\}. \end{cases}$$

Wendet man die Bezeichnungen

$$(8)\qquad \begin{cases} \dfrac{W_4}{W_3+W_4}E=E', \\ W_2+\dfrac{W_3W_4}{W_3+W_4}=W_2' \end{cases}$$

an, so bekommen die erste Gl. (4), die Ausdrücke für P, J, i und i_1 ähnliche Form wie im Art. 1, II p. 51. Als Differentialgleichung der Ladung des Condensators ergiebt sich deshalb unmittelbar folgende, der Gl. (5), II nachgebildete Gl.

$$(9)\qquad \frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left\{\frac{W_1W_2+W_1W_2'+W_1W_2'}{W_1+W_2'}\frac{1}{L}+\frac{1}{C(W_1+W_2')}\right\}\frac{d\Pi}{dt}+\frac{W_1+W}{W_1+W_2'}\frac{\Pi}{LC}=\frac{W_1+W}{W_1+W_2'}\frac{E'}{LC}.$$

In ausgeführter Form ist dieselbe Gl.

$$
\begin{aligned}
&LC\{W_1+W_2)(W_3+W_4)+W_3W_4\}\frac{d^2\Pi}{dt^2}\\
(10)\qquad &+\left\{\left(WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L}{C}\right)(W_3+W_4)+W_3W_4(W+W_1)\right\}C\frac{d\Pi}{dt}\\
&+(W+W_1)(W_3+W_4)\Pi=W_4(W+W_1)E.
\end{aligned}
$$

Was die Grössen H, J, i und i_1 betrifft, so ist die Strombahn in der Fig. 35 ersetzbar mit einer Strombahn von der in der Fig. 20 veranschaulichten Form, wobei als elektromotorische Kraft $\frac{W_4}{W_3+W_4}E$ und als Widerstand im unverzweigten Theile der Bahn $W_2+\frac{W_3W_4}{W_3+W_4}$ zu nehmen sind. Eine Neubehandlung ist somit nicht erforderlich. Nur die Stromstärken i_3 und i_4 sollten besonders bestimmt werden. Weil sie aber mit J durch die einfachen Formeln

$$
(11)\qquad \begin{cases} i_3=\frac{1}{W_3+W_4}\{W_4J+E\}, \\ i_4=\frac{1}{W_3+W_4}\{W_3J-E\} \end{cases}
$$

verbunden sind, so ist eine specielle Betrachtung dieser Stromstärken überflüssig.

Das obige gilt bei angemessener Wahl der Anfangsbedingungen. Für die erste Wahl sind die Condensatorpolen mit einem Widerstande w ohne Induktion zu verbinden, welcher zur Zeit $t=0$ plötzlich gebrochen wird. Für die zweite Wahl muss der Bahnzweig mit dem Widerstande W_2 ursprünglich offen sein und zur Zeit $t=0$ plötzlich geschlossen werden.

2. **Charakter der Ladung.** Obgleich keine vollständige Behandlung in dem gegenwärtigen Falle durchgeführt werden soll, mögen jedoch die ausführlichen Bedingungen für den einen oder andern Charakter der Ladung angesetzt werden. Die Untersuchung im Art. 4, II liefert die Mittel hierzu.

Es existiren zwei Arten von aperiodischer Ladung, jenachdem die eine oder andere der Ungleichheiten

$$
(12)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}}<\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2')}-W_1,
$$

$$
(13)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}}>\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2')}+W_1
$$

erfüllt ist. In ausgeführter Form sind sie

$$(14)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{\frac{(W_1+W)\left[(W_1+W_2)(W_3+W_4)+W_3W_4\right]}{W_3+W_4}} - W_1,$$

$$(15)\quad (B)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{\frac{(W_1+W)\left[(W_1+W_2)(W_3+W_4)+W_3W_4\right]}{W_3+W_4}} + W_1.$$

Periodisch ist die Ladung, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ zwischen den obigen beiden Grenzwerthen liegt, und Uebergangsfälle kommen vor, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ gleich einem Grenzwerthe ist.

Durch Auflösung in Bezug auf W bekommt man folgende beide Grenzwerthe, welche mit $W^{(u)}$ und $W^{(o)}$ bezeichnet werden mögen,

$$(16)\quad \begin{cases} W^{(u)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left\{\dfrac{L}{C} - 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W_2\right\} - W_1W_3W_4}{(W_3+W_4)(W_1+W_2)+W_3W_4}, \\ W^{(o)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left\{\dfrac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W_2\right\} - W_1W_3W_4}{(W_3+W_4)(W_1+W_2)+W_3W_4}. \end{cases}$$

Man hat aperiodische Ladung von der Art (A), falls $W > W^{(o)}$ ist, von der Art (B), falls $W < W^{(u)}$ ist, und periodische Ladung, wenn

$$(17)\qquad W^{(u)} < W < W^{(o)}$$

ist. Es unterliegt keiner Schwierigkeit zu entscheiden, wann beide Grenzen $W^{(u)}$ und $W^{(o)}$ existiren, wann nur die obere Grenze $W^{(o)}$ vorhanden ist, und wann beide Werthe $W^{(u)}$ und $W^{(o)}$ negativ sind, sowie über die Art der Ladungsformen auf Grund hierauf zu beurtheilen. Wir gehen auf diese Einzelheiten nicht näher ein ebensowenig wie in den folgenden Fällen.

In Bezug auf W_1 sind die Intervallgrenzen

$$(18)\quad \begin{cases} W_1^{(u)} = \dfrac{\left(\dfrac{L}{C} - WW_2\right)(W_3+W_4) - WW_3W_4}{\left(W+W_2+2\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right)(W_3+W_4)+W_3W_4}, \\ W_1^{(o)} = \dfrac{\left(\dfrac{L}{C} - WW_2\right)(W_3+W_4) - WW_3W_4}{\left(W+W_2-2\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right)(W_3+W_4)+W_3W_4}. \end{cases}$$

Für aperiodische Ladung sind die Bedingungen

(19) (A) $$W_1 > W^{(o)},$$

(20) (B) $$W_1 < W^{(u)},$$

und für periodische Ladung sind sie

(21) $$W^{(u)} < W_1 < W^{(o)}.$$

Als Grenzen in Bezug auf W_2 ergeben sich

(22)
$$\begin{cases} W_2^{(u)} = \dfrac{(W_3 + W_4)\left\{\dfrac{L}{C} - 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C} - W_1 W}\right\} - (W_1 + W)\,W_3 W_4}{(W_1 + W)(W_3 + W_4)}, \\ W_2^{(o)} = \dfrac{(W_3 + W_4)\left\{\dfrac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C} - W_1 W}\right\} - (W_1 + W)\,W_3 W_4}{(W_1 + W)(W_3 + W_4)}. \end{cases}$$

Für aperiodische Ladung ist

(23) (A) $$W_2 > W_2^{(o)},$$

(24) (B) $$W_2 < W_2^{(u)},$$

und für periodische Ladung

(25) $$W_2^{(u)} < W_2 < W_2^{(o)}.$$

In Bezug auf W_3 erhält man

(26)
$$\begin{cases} W_3^{(u)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W)(W_1 + W_2 + W_4) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2} W_4, \\ W_3^{(o)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W)(W_1 + W_2 + W_4) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2} W_4. \end{cases}$$

Bedingungen der aperiodischen Ladung sind

(27) (A) $$W_3 > W_3^{(o)},$$

(28) (B) $$W_3 < W_3^{(u)}$$

und der periodischen

(29) $$W_3^{(u)} < W_3 < W_3^{(o)}.$$

Schliesslich ergiebt sich in Bezug auf W_4

$$(30)\quad \begin{cases} W_4^{(u)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W)(W_1 + W_2 + W_3) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2} W_3, \\ W_4^{(o)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W)(W_1 + W_2 + W_3) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2} W_3. \end{cases}$$

Die Ladung ist aperiodisch, falls die eine der Bedingungen

$$(31)\quad (A) \qquad W_4 > W_4^{(o)},$$

$$(32)\quad (B) \qquad W_4 < W_4^{(u)}$$

erfüllt ist, und periodisch, wenn die Ungleichheiten

$$(33)\quad W_4^{(u)} < W_4 < W_4^{(o)}$$

bestehen.

VII. Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator und der Stromquelle E.

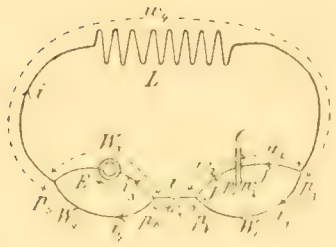


Fig. 36.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die Figur nebenan zeigt einen doppelt verzweigten Stromkreis, worin C mit einem Nebenschlusse W_1 und E mit einem Nebenschlusse W_4 ausgestaltet sind.

Es sollen die abkürzenden Bezeichnungen

$$\Pi = p_2 - p_1\,; \quad P = p_3 - p_4\,, \quad Q = p_5 - p_6\,, \tag{1}$$

und

$$w_3 + w_4 = W\,; \quad w_1 + w_2 = W_2 \tag{2}$$

gebraucht werden.

Ohne besonderer Untersuchung lässt sich einsehen, dass der jetzt vorliegende Fall auf den im Abschn. III behandelten Fall zurückführbar ist. In den dortigen Formeln braucht man nur E mit

$$E' \quad \frac{W_4}{W_3 + W_4} E \tag{3}$$

und W mit

$$W' = W + \frac{W_3 W_4}{W_3 + W_4} W_2 \tag{4}$$

zu ersetzen, um die jetzt erforderlichen Formeln zu bekommen.

Als Differentialgleichung der Ladung ergiebt sich in dieser Weise aus der Gl. (2), III p. 151

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\frac{W'W_1 + W'W_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{L} + \frac{1}{C(W_1 + W_2)}\right\}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W'}{W_1 + W_2}\frac{\Pi}{LC} = \frac{W_1}{W_1 + W_2}\frac{E'}{LC}, \tag{5}$$

oder, in ausgeführter Form,

$$\begin{aligned}(W_1 + W_2)(W_3 + W_4)\,LC\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\left(W'W_1 + W'W_2 + W_1W_2 + \frac{L}{C}\right)(W_3 + W_4) + (W_1 + W_2)W_3W_4\right\}C\frac{d\Pi}{dt} \\ + \left\{(W_1 + W')(W_3 + W_4) + W_3W_4\right\}\Pi = W_1W_4E\,.\end{aligned} \tag{6}$$

Ebenso erhält man aus Art. 1, III p. 151 und 152 die folgenden Ausdrücke von P und der Stromstärken mittels Π,

$$P = W_2 C\frac{d\Pi}{dt} + \Pi, \tag{7}$$

$$J = C\frac{d\Pi}{dt}, \tag{8}$$

$$\begin{cases} i = \dfrac{1}{W_1}\left\{(W_1 + W_2)\, C\dfrac{d\Pi}{dt} + \Pi\right\}, \\ i_1 = -\dfrac{1}{W_1}\left\{W_2 C\dfrac{d\Pi}{dt} + \Pi\right\}. \end{cases} \tag{9}$$

Alle diese Resultate könnten natürlich auch direct hergeleitet werden, in ähnlicher Weise wie im Abschn. VI gemacht wurde. Hierzu kommen noch die Relationen

$$Q = -\frac{W_4}{W_1(W_3 + W_4)}\left\{W_3(W_1 + W_2)\, C\frac{d\Pi}{dt} + W_3\Pi - W_1 E\right\}, \tag{10}$$

$$\begin{cases} i_3 = \dfrac{1}{W_1(W_3 + W_4)}\left\{W_4(W_1 + W_2)\, C\dfrac{d\Pi}{dt} + W_4\Pi + W_1 E\right\}, \\ i_4 = \dfrac{1}{W_1(W_3 + W_4)}\left\{W_3(W_1 + W_2)\, C\dfrac{d\Pi}{dt} + W_3\Pi - W_1 E\right\}. \end{cases} \tag{11}$$

Weil i_3 und i_4 mittels der einfachen Formeln

$$\begin{cases} i_3 = \dfrac{1}{W_3 + W_4}(W_4 i + E), \\ i_4 = \dfrac{1}{W_3 + W_4}(W_3 i - E) \end{cases} \tag{12}$$

von i abhängen, brauchen sie nicht besonders untersucht zu werden.

Um mit den Anfangsbedingungen im Art. 2, III übereinstimmende Anfangsbedingungen zu erhalten, sollen für die erste Wahl die Condensatorpole mit einem Widerstande w verbunden werden, welcher zur Zeit $t = 0$ gebrochen wird. Für die zweite Wahl muss der Zweig mit dem Widerstande W zuerst offen sein und zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen werden.

2. **Charakter der Ladung.** Der Charakter des Ladungsvorganges kann mit Art. 4, II als Grundlage untersucht werden. Man braucht nur W mit

$$W' = W + \frac{W_3 W_4}{W_3 + W_4} \tag{13}$$

zu ersetzen. In dieser Weise findet man, dass die Ladung aperiodisch von dem Typus (A) ist, falls die Ungleichheit

$$(14)\qquad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < \sqrt{\frac{(W_1+W_2)\left((W_1+W)(W_3+W_4)+W_3W_4\right)}{W_3+W_4}} - W_1$$

besteht, aperiodisch von dem Typus (B), wenn

$$(15)\qquad (B)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > \sqrt{\frac{(W_1+W_2)\left((W_1+W)(W_3+W_4)+W_3W_4\right)}{W_3+W_4}} + W_1$$

ist, periodisch, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ zwischen den obigen beiden Grenzwerthen liegt, und schliesslich einem Uebergangsfalle angehört, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ gleich einem der Grenzwerthe ist.

In Bezug auf W als veränderlich sind die Intervallgrenzen

$$(16)\qquad \begin{cases} W^{(u)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left\{\dfrac{L}{C} - 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W_2\right\} - (W_1+W_2)W_3W_4}{(W_1+W_2)(W_3+W_4)}, \\ W^{(o)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left\{\dfrac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W_2\right\} - (W_1+W_2)W_3W_4}{(W_1+W_2)(W_3+W_4)}. \end{cases}$$

Über die Lage von W in Verhältniss zu $W^{(u)}$ und $W^{(o)}$ für die eine oder andere Art der Ladung gilt dasselbe wie im Art. 2, VI. Ebenso steht es mit den übrigen Intervallgrenzen, welche jetzt folgende sind.

$$(17)\qquad \begin{cases} W_1^{(u)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left(\dfrac{L}{C} - WW_2\right) - W_2W_3W_4}{(W_3+W_4)\left(W+W_2+2\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right) + W_3W_4}, \\ W_1^{(o)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left(\dfrac{L}{C} - WW_2\right) - W_2W_3W_4}{(W_3+W_4)\left(W+W_2-2\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right) + W_3W_4}. \end{cases}$$

$$(18)\qquad \begin{cases} W_2^{(u)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left(\dfrac{L}{C} - 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W\right) - W_1W_3W_4}{(W_1+W)(W_3+W_4)+W_3W_4}, \\ W_2^{(o)} = \dfrac{(W_3+W_4)\left(\dfrac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1W\right) - W_1W_3W_4}{(W_1+W)(W_3+W_4)+W_3W_4}. \end{cases}$$

$$(19)\quad \begin{cases} W_3^{(u)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W_2)(W_1 + W + W_4) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2} W_4, \\ W_3^{(o)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W_2)(W_1 + W + W_4) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2} W_4. \end{cases}$$

$$(20)\quad \begin{cases} W_4^{(u)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W_2)(W_1 + W + W_3) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} - W_1\right)^2} W_3, \\ W_4^{(o)} = \dfrac{\left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2 - (W_1 + W)(W_1 + W_2)}{(W_1 + W_2)(W_1 + W + W_3) - \left(\sqrt{\dfrac{L}{C}} + W_1\right)^2} W_3. \end{cases}$$

VIII. Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator und dem mit Selbstinduktion versehenen Theile der Strombahn.

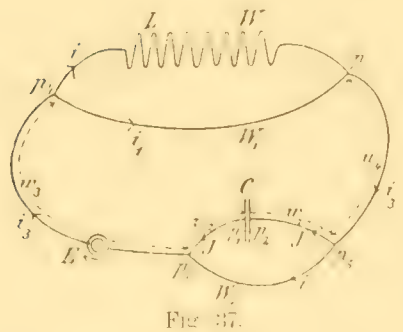


Fig. 37.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Ausser den in den Abschn. VI und VII betrachteten Anordnungen mit doppelt verzweigter Strombahn giebt es eine dritte Anordnung, welche in der Figur nebenan veranschaulicht ist. Es sind hier L und C mit einem Nebenschluss versehen. Der Fall ist nicht mehr direct zurückführbar auf frühere Fälle, sondern muss für sich behandelt werden. Mit den Bezeichnungen in der Figur ergiebt sich

$$(1)\qquad \begin{cases} p_1 - p_3 = L\dfrac{di}{dt} + iW, \\ p_4 - p_3 = i_1 W_1, \\ p_6 - p_4 + E = i_3 w_3, \\ p_3 - p_5 = i_3 w_4, \\ p_1 - p_6 = J w_2, \\ p_5 - p_2 = J w_1, \\ p_5 - p_6 = i_4 W_4, \\ i_3 = J + i_4 = i + i_1, \\ J = C\dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{cases}$$

Setzt man noch

$$(2)\qquad \Pi = p_2 - p_1; \quad P = p_3 - p_4; \quad Q = p_5 - p_6;$$

$$(3)\qquad w_3 + w_4 = W_3; \quad w_1 + w_2 = W_2,$$

so erhält man folgende acht Gl.

$$(4)\qquad \begin{cases} P+L\dfrac{di}{dt}+iW=0\,, \\ P+i_1W_1=0\,, \\ P-Q+E=i_3W_3\,, \\ Q-\Pi=JW_2\,, \\ Q=i_4W_4\,. \\ i_3=i+i_1=J+i_4\,, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \end{cases}$$

mit den acht unbekannten Grössen P, Q, Π, i, i_1, J, i_3 und i_4. Ohne Schwierigkeit berechnet man aus diesen Gl. die Ausdrücke

$$(5)\qquad \begin{cases} P=-E+\dfrac{W_3+W_4}{W_4}\Pi+\dfrac{W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4}{W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ Q=\Pi+W_2C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ i=-\dfrac{E}{W_1}+\dfrac{W_1+W_3+W_4}{W_1W_4}\Pi+\dfrac{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4}{W_1W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ i_1=-\dfrac{P}{W_1}=\dfrac{E}{W_1}-\dfrac{W_3+W_4}{W_1W_4}\Pi-\dfrac{W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4}{W_1W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ i_3=\dfrac{\Pi}{W_4}+\dfrac{W_2+W_4}{W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ i_4=\dfrac{\Pi}{W_4}+\dfrac{W_2}{W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}\,. \end{cases}$$

Als Differentialgleichung für Π bekommt man

$$(6)\qquad \begin{aligned} &\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left\{\left(W+\frac{W_1(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4}\right)\frac{1}{L}+\frac{W_1+W_3+W_4}{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4}\frac{1}{C}\right\}\frac{d\Pi}{dt} \\ &\qquad\qquad +\frac{(W_1+W)(W_3+W_4)+WW_1}{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4}\frac{\Pi}{LC}=\frac{W_4(W_1+W)}{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4}\frac{E}{LC}\,. \end{aligned}$$

Diese etwas umständliche Diff.-Gl. giebt die Diff.-Gl. (5), II p. 52 wieder, indem $W_4=\infty$ gesetzt und W_2+W_3 mit W_2 ersetzt wird. Die Diff.-Gl. (2), III p. 151 bekommt man, indem man $W_1=\infty$ setzt, $W+W_3$ mit W und W_4 mit W_1 ersetzt.

Der Gesammtwiderstand zwischen den Condensatorpolen ist

$$W_g = \frac{(W_1 + W)(W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) + W W_1 (W_2 + W_4)}{(W_1 + W)(W_3 + W_4) + W W_1}. \tag{7}$$

Zur Vereinfachung der Differentialgleichungen setze man

$$\begin{cases} M = (W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4, \\ N = (W_1 + W)(W_3 + W_4) + W W_1, \end{cases} \tag{8}$$

und erhält dann

$$MN - W_1^2 W_4^2 = (W_1 + W_3 + W_4)\left\{(W_1 + W)(W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) + W W_1 (W_2 + W_4)\right\}, \tag{9}$$

$$W_g = \frac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1 + W_3 + W_4) N}. \tag{10}$$

$$\begin{cases} 2a = \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L} + \dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{MC} = \dfrac{1}{M}\left\{\dfrac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1 + W_3 + W_4) L} + \dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{C}\right\} \\ 2c = \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L} - \dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{MC} = \dfrac{1}{M}\left\{\dfrac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1 + W_3 + W_4) L} - \dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{C}\right\}, \\ b = \dfrac{(W_1 + W)(W_3 + W_4) + W W_1}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4}\dfrac{1}{LC} = \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{LC}. \end{cases} \tag{11}$$

Wendet man noch die Bezeichnung

$$E' = \frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E \tag{12}$$

an, so bekommt die Diff.-Gl. (6) schliesslich die Form

$$\frac{d^2 \Pi}{dt^2} + 2a \frac{d\Pi}{dt} + b(\Pi - E') = 0. \tag{13}$$

2. **Anfangsbedingungen.** Eine erste Art von Anfangsbedingungen erhält man, indem man die Condensatorpole mit einem induktionsfreien Widerstande w verbindet und diesen Widerstand zur Zeit $t = 0$ plötzlich bricht. Es berechnen sich dann als Anfangswerthe

$$\begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4 (W_1 + W)}{N}\dfrac{w}{W_g + w} E = \Pi_0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4 (W_1 + W)}{N}\dfrac{E}{C(W_g + w)} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E' - \Pi_0}{C W_g}, \\ \dfrac{d^2 \Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{MC^2} J_0. \end{cases} \tag{14}$$

$$(15)\qquad \begin{cases} i = \dfrac{W_3}{N}\left\{E + W_4 J_0\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(16)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{N}\left\{E + W_4 J_0\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM} J_0. \end{cases}$$

$$(17)\qquad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1 + W}{N}\left\{E + W_4 J_0\right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM} J_0. \end{cases}$$

$$(18)\qquad \begin{cases} i_4 = \dfrac{1}{N}\left\{(W_1 + W) E - (WW_1 + WW_3 + W_1 W_3) J_0\right\}, \\ \dfrac{di_4}{dt} = \dfrac{W_1 + W_3}{CM} J_0. \end{cases}$$

Eine zweite Art von Anfangsbedingungen ergiebt sich, wenn der Zweig mit dem Widerstande W_3 zuerst offen gehalten und dann zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen wird. Man berechnet jetzt, für $t = 0$,

$$(19)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4}{CM} E, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{LC}\dfrac{W_4}{M^2}\left\{W_1^2 (W_2 + W_4) - (W_1 + W_3 + W_4)\dfrac{L}{C}\right\}. \end{cases}$$

$$(20)\qquad \begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1 (W_2 + W_4)}{M}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(21)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2 + W_4}{M} E, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{LM^2}\left\{W_1 (W_2 + W_4)(W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) + W_4^2 \dfrac{L}{C}\right\}. \end{cases}$$

$$(22)\qquad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_2 + W_4}{M} E, \\ \dfrac{di_3}{dt} = \dfrac{E}{LM^2}\left\{W_1^2 (W_2 + W_4)^2 - W_4^2 \dfrac{L}{C}\right\}. \end{cases}$$

$$(23)\qquad \begin{cases} i_4 = \dfrac{W_2}{M} E, \\ \dfrac{di_4}{dt} = \dfrac{E}{LM^2} \Big\{ W_1^2 (W_2 + W_4) W_2 + W_4 (W_1 + W_3) \dfrac{L}{C} \Big\}. \end{cases}$$

In dem für $t = \infty$ erfolgenden stationären Zustande hat man

$$(24)\qquad \begin{cases} \Pi = E' = \dfrac{W_4 (W_1 + W)}{N} E, \\ J = 0, \\ i = \dfrac{W_1}{N} E, \\ i_1 = \dfrac{W}{N} E, \\ i_3 = \dfrac{W_1 + W}{N} E, \\ i_4 = \dfrac{W_1 + W}{N} E. \end{cases}$$

3. **Charakter der Ladung.** Der Charakter des Ladungsvorganges hängt wie immer von dem Vorzeichen der Grösse $a^2 - b$ ab. Für die Bedingung

$$a^2 - b = 0$$

ergiebt sich die Form

$$(25)\qquad (W + W_1) M - W_1^2 (W_2 + W_4) + (W_1 + W_3 + W_4) \frac{L}{C} = 2 \sqrt{MN} \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Indem man hier in Bezug auf $\sqrt{\frac{L}{C}}$ auflöst, findet man

$$(26)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{MN} - W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4},$$

$$(27)\quad (B)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{MN} + W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4}.$$

Diesen Werthen entsprechen Uebergangsfälle der Ladung. Aperiodische Ladung bekommt man, falls die eine der Ungleichheiten

$$(28)\quad (A)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{\sqrt{MN} - W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4},$$

$$(29)\quad (B)\qquad \sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{\sqrt{MN} + W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4}$$

erfüllt ist. Periodisch ist die Ladung, wenn die Ungleichheiten

$$\frac{\sqrt{MN}-W_1W_4}{W_1+W_3+W_4}<\sqrt{\frac{L}{C}}<\frac{\sqrt{MN}+W_1W_4}{W_1+W_3+W_4} \tag{30}$$

bestehen.

In ähnlicher Weise wie im Art. 2, VI kann man diesen Bedingungen andere Formen geben, indem man in Bezug auf je einen der Widerstände W, W_1, W_2, W_3 und W_4 auflöst. In Bezug auf W_1, W_3 und W_4 ergeben sich hierbei sehr complicierte Ausdrücke, welche wir nicht anführen. Die auf W und W_2 sich beziehenden, unten folgenden Ausdrücke sind dagegen einfacher. Wir unterlassen ferner die Discussionen, wann beide Grenzen vorhanden sind, wann nur die eine Grenze oder keine Grenze mehr vorhanden ist.

$$\begin{cases} W^{(u)}=\dfrac{\left\{W_1W_4-(W_1+W_3+W_4)\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right\}^2-W_1(W_3+W_4)M}{(W_1+W_3+W_4)M}, \\ W^{(o)}=\dfrac{\left\{W_1W_4+(W_1+W_3+W_4)\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right\}^2-W_1(W_3+W_4)M}{(W_1+W_3+W_4)M}. \end{cases} \tag{31}$$

$$\begin{cases} W_2^{(u)}=\dfrac{\left\{W_1W_4-(W_1+W_3+W_4)\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right\}^2-W_4(W_1+W_3)N}{(W_1+W_3+W_4)N}, \\ W_2^{(o)}=\dfrac{\left\{W_1W_4+(W_1+W_3+W_4)\sqrt{\dfrac{L}{C}}\right\}^2-W_4(W_1+W_3)N}{(W_1+W_3+W_4)N}. \end{cases} \tag{32}$$

Man hat aperiodische Ladung von der Art (A), wenn W grösser als $W^{(o)}$ oder W_2 grösser als $W_2^{(o)}$ ist, aperiodische Ladung von der Art (B), wenn W kleiner als $W^{(u)}$ oder W_2 kleiner als $W_2^{(u)}$ ist, periodische Ladung, wenn W zwischen $W^{(u)}$ und $W^{(o)}$ oder W_2 zwischen $W_2^{(u)}$ und $W_2^{(o)}$ liegt.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Bevor die Formeln für die aperiodische Ladung aufgestellt werden sollen, darf bemerkt werden, dass man der Constante $2c$ die folgende Form

$$2c=\frac{\left(\sqrt{MN}+W_1W_4\right)\left(\sqrt{MN}-W_1W_4\right)-\dfrac{L}{C}(W_1+W_3+W_4)^2}{L(W_1+W_3+W_4)M} \tag{33}$$

geben kann, welche unmittelbar zeigt, dass $2c$ in den Fällen (A) positiv, in den Fällen (B) dagegen negativ ist.

Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen berechnet man folgende Ausdrücke von Π und der Stromstärken:

$$(34)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4\,(W_1+W)}{N}\,E - W_g\cdot J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a-\dfrac{1}{W_g C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{c}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1+W_3+W_4}{CM}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a-\dfrac{N}{(W_1+W_3+W_4)L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(35)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N}E + \dfrac{W_1 W_4}{N}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1 W_4}{M}\dfrac{J_0}{LC}e^{-at}\dfrac{\sinh\sqrt{a^2-b}\,t}{\sqrt{a^2-b}}. \end{cases}$$

$$(36)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{N}E + \dfrac{WW_4}{N}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a-\dfrac{N}{M}\dfrac{1}{CW}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(37)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N}E + \dfrac{(W_1+W)W_4}{N}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a-\dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(38)\quad \begin{cases} i_4 = \dfrac{W_1+W}{N}E - \dfrac{(WW_1+WW_3+W_1W_3)}{N}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \dfrac{a-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_1+W_3}{C(WW_1+WW_3+W_1W_3)}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{di_4}{dt} = \dfrac{W_1+W_3}{CM}J_0 e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a-\dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Mit den Bezeichnungen

$$\lambda_1 = a + \sqrt{a^2 - b}\,; \qquad \lambda_2 = a - \sqrt{a^2 - b} \tag{39}$$

ergiebt sich

$$\begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N} E + \dfrac{W_g}{\lambda_1-\lambda_2} J_0 \left\{ \left(\lambda_2 - \dfrac{1}{W_g C}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{1}{W_g C}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \lambda_1 \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right) e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}. \end{cases} \tag{40}$$

$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E - \dfrac{W_1 W_4}{N} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1 W_4}{M} \dfrac{J_0}{LC} \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right\}. \end{cases} \tag{41}$$

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{N} E - \dfrac{W W_4}{N} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{CW}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{CW}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}. \end{cases} \tag{42}$$

$$\begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N} E - \dfrac{(W_1+W) W_4}{N} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}\right) e^{-\lambda_1 t} \right. \\ \qquad\qquad \left. - \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{L}\right) e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{L}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}. \end{cases} \tag{43}$$

$$\begin{cases} i_4 = \dfrac{W_1+W}{N} E + \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{N} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_1+W_3}{C(WW_1+WW_3+W_1W_3)}\right) e^{-\lambda_1 t} \right. \\ \qquad\qquad \left. - \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_1+W_3}{C(WW_1+WW_3+W_1W_3)}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}, \\ \dfrac{di_4}{dt} = \dfrac{W_1+W_3}{CM} \dfrac{J_0}{\lambda_1-\lambda_2} \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}\right) e^{-\lambda_1 t} \right. \\ \qquad\qquad \left. - \left(\lambda_2 - \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}\right) e^{-\lambda_2 t} \right\}. \end{cases} \tag{44}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen berechnet man

$$(45)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N} E\left\{1 - e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4}{M} E e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_4}{LM^2} E e^{-at}\left\{\left[W_1^2(W_2+W_4) - (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}\right]\cosh\sqrt{a^2-b}\,t \right. \\ \qquad\qquad \left. - \dfrac{\left[W_1^2(W_2+W_4) - (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}\right]a + \dfrac{N}{C}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

$$(46)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E\left\{1 - e^{-at}\left[\cosh\sqrt{a^2-b}\,t + \dfrac{a - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1(W_2+W_4)}{M}\dfrac{E}{L} e^{-at}\left\{\cosh\sqrt{a^2-b}\,t - \dfrac{a - \dfrac{1}{C(W_2+W_4)}}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t\right\}. \end{cases}$$

Wir lassen die Ausdrücke für i_1, i_3, i_4 und ihre Ableitungen weg, weil sie sehr complicirt und für uns nicht direct erforderlich sind. Dagegen setzen wir jetzt das vollständige System von Formeln hin, welche mit Anwendung der Bezeichnungen λ_1 und λ_2 folgt.

$$(47)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N} E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{1}{C(W_1+W)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4}{M}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_4}{M}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\lambda_1\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(48)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E\left\{1 + \dfrac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\left[\left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1(W_2+W_4)}{M}\dfrac{E}{L(\lambda_1-\lambda_2)}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right)e^{-\lambda_1 t} - \left(\lambda_2 - \dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(49)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{N}E + \dfrac{W_3+W_4}{W_1}\dfrac{L}{N}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4}{L(W_3+W_4)}\right)e^{-\lambda_1 t}\right. \\ \qquad\qquad \left. -\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4}{L(W_3+W_4)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4}{W_1M}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{W_3+W_4}{C(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}\right)e^{-\lambda_1 t}\right. \\ \qquad\qquad \left. -\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{W_3+W_4}{C(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(50)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N}E - \dfrac{L}{N}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}\right. \\ \qquad\qquad \left. -\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = -\dfrac{W_2+W_4}{M}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right)e^{-\lambda_1 t}\right. \\ \qquad\qquad \left. -\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(51)\quad \begin{cases} i_4 = \dfrac{W_1+W}{N}E - \dfrac{L}{N}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_1 t}\right. \\ \qquad\qquad \left. -\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2}{L}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}, \\ \dfrac{di_4}{dt} = -\dfrac{W_2}{M}\dfrac{E}{\lambda_1-\lambda_2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_1 t}-\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\dfrac{1}{CW_2}\right)e^{-\lambda_2 t}\right\}. \end{cases}$$

5. **Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Um die Discussion zu erleichtern, stellen wir hier im Voraus folgende Formeln zusammen:

$$(52)\quad a^2-b = c^2 - \frac{W_1^2W_4^2}{M^2}\frac{1}{LC}.$$

$$(53)\quad \begin{cases} 2\left(a-\dfrac{W}{L}\right) = \dfrac{W_1+W_3+W_4)}{ML}\left\{\dfrac{L}{C}+\dfrac{NW_g-2MW}{W_1+W_3+W_4}\right\}, \\ a^2-b = \left(a-\dfrac{W}{L}\right)^2 - \dfrac{W_1(W_3+W_4)}{ML^2}\left\{\dfrac{L}{C}-\dfrac{W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}{W_3+W_4}\right\}. \end{cases}$$

$$(54)\quad \begin{cases} 2\left(a-\dfrac{W_1+W}{L}\right)=\dfrac{W_1+W_3+W_4}{ML}\left\{\dfrac{L}{C}-\dfrac{M(W_1+W)+W_1^2(W_2+W_4)}{W_1+W_3+W_4}\right\}, \\ a^2-b=\left(a-\dfrac{W_1+W}{L}\right)^2+\dfrac{W_1^2}{ML^2}\left\{\dfrac{L}{C}-(W_1+W)(W_2+W_4)\right\}. \end{cases}$$

$$(55)\quad \begin{cases} 2\left(a-\dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}\right)=\dfrac{W_1+W_3+W_4}{ML}\left\{\dfrac{L}{C}+\right. \\ \qquad\qquad \left.+\dfrac{NW_g(W_1+W_3)-2M(WW_1+WW_3+W_1W_3)}{(W_1+W_3)(W_1+W_3+W_4)}\right\}, \\ a^2-b=\left\{a-\dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}\right\}^2-\dfrac{W_4W_1^2}{(W_1+W_3)ML^2}\left\{\dfrac{L}{C}-\dfrac{W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}{W_1+W_3}\right\}. \end{cases}$$

Damit ein Ausdruck von der Form

$$(56)\qquad \cosh\sqrt{a^2-b}\,t+\frac{m}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t$$

eine reelle positive Wurzel habe, muss der Quotient

$$(57)\qquad \frac{m}{\sqrt{a^2-b}}$$

negativ und absolut genommen grösser als 1 sein. Betrachten wir jetzt in Ordnung die verschiedenen Quotienten dieser Art.

Es ist

$$(58)\qquad \frac{c}{\sqrt{a^2-b}}=\frac{c}{\sqrt{c^2-\dfrac{W_1^2W_4^2}{M^2}\dfrac{1}{LC}}}$$

negativ und dem absoluten Betrage nach grösser als 1, wenn c negativ ist. Dies trifft ein in den Fällen (B), dagegen nicht in den Fällen (A).

Damit der Quotient

$$(59)\qquad -\frac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{a^2-b}}$$

negativ und absolut genommen grösser als 1 sei, müssen nach den Formeln (53) die Bedingungen

$$(60)\quad \begin{cases} (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}+NW_g>2MW, \\ \dfrac{L}{C}>\dfrac{W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}{W_3+W_4} \end{cases}$$

erfüllt sein. Etwas ausführlicher sind dieselben Bedingungen

$$(61)\qquad \begin{cases} (W_1+W_3+W_4)^2\dfrac{L}{C}+MN-W_1^2W_4^2>2W(W_1+W_3+W_4)M, \\ (W_3+W_4)(W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}+WW_1W_4^2>W(W_3+W_4)M. \end{cases}$$

Mit Anwendung der Ausdrücke (28) und (29), p. 234 zeigt man ohne weiteres, dass diese Bedingungen in dem Falle (B) immer erfüllt sind, in dem Falle (A) dagegen entweder erfüllt oder nicht erfüllt sein können.

Betrachten wir alsdann den Quotienten

$$(62)\qquad -\frac{a-\dfrac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}},$$

so sind die Bedingungen, damit er negativ und absolut genommen grösser als 1 sei,

$$(63)\qquad \begin{cases} (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}>M(W_1+W)+W_1^2(W_2+W_4), \\ \dfrac{L}{C}<(W_1+W)(W_2+W_4). \end{cases}$$

Die erste Ungleichheit giebt an, dass

$$(64)\qquad a-\frac{W_1+W}{L}=-\left\{c+\frac{W_1^2(M+W_4^2)}{(W_1+W_3+W_4)ML}\right\}$$

positiv ist. Also ist sie in dem Falle (A), in welchem c positiv ist, nicht erfüllt.

In dem Falle (B) können die Ungleichheiten (63) erfüllt sein oder nicht erfüllt sein.

Für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen kommt noch der Quotient

$$(65)\qquad -\frac{a-\dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}}{\sqrt{a^2-b}}$$

in Betracht. Es kann gezeigt werden, dass er in dem Falle (B) negativ und seinem absoluten Betrage nach grösser als 1 ist. Man berechnet nämlich

$$(66)\qquad a-\frac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{(W_1+W_3)L}=-c+\frac{W_1^2W_2W_4}{(W_1+W_3)ML}.$$

Weil c im dem Falle (B) negativ ist, so ist auch der obige Quotient (65) negativ. Ausserdem muss

$$(67)\qquad \frac{L}{C}-\frac{W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}{W_1+W_3}$$

positiv sein, was in dem Falle (B) zutrifft.

In dem Falle (A) können die Bedingungen, dass die Ausdrücke (65) und (67) positiv seien, erfüllt sein oder nicht erfüllt sein.

6. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es kommen die Formeln (34)···(38) und (40)···(44) in Betracht. Die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0 \tag{68}$$

hat keine positive Wurzel. Es wächst deshalb Π beständig, von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem Endwerthe $\frac{W_4(W_1+W)}{N}E$. Für $t=0$ ist $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ negativ. Hieraus folgt, dass die Π-Curve keinen Inflexionspunkt besitzt.

Die Stromstärke J nimmt von dem Anfangswerthe J_0 bis Null ab, ohne ihren Sinn zu verändern.

Die Stromstärke i nimmt ebenfalls beständig ab, und zwar von dem Werthe

$$\frac{W_1}{N}\{E+W_4J_0\} \quad \text{zu} \quad \frac{W_1}{N}E.$$

Die inductionselektromotorische Kraft ist anfangs gleich Null, wächst bis zu dem der Zeit

$$t_1=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \tag{69}$$

angehörenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1W_4}{\sqrt{MN}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0e^{-at_1} \tag{70}$$

und nimmt dann bis Null ab.

Bei der Discussion von i_1 ist zu unterscheiden zwischen den Fällen, in welchen die Bedingungen (60) erfüllt sind und nicht erfüllt sind. Sind sie erfüllt, so erreicht i_1 zur Zeit

$$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W}{L}}{\lambda_2-\frac{W}{L}} \tag{71}$$

das Minimum

$$(i_1)_{\min}=\frac{W}{N}E-\frac{W_4}{N}\sqrt{\frac{W_1(W_3+W_4)}{M}}\sqrt{\frac{L}{C}-\frac{W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}{W_3+W_4}}J_0e^{-at_2}. \tag{72}$$

Der Anfangswerth von i_1 ist

$$\frac{W}{N}\{E+W_4J_0\},$$

der Endwerth $\frac{W}{N}E$. Sind die obigen Bedingungen nicht erfüllt, so nimmt i_1 beständig ab, zwischen den angegebenen Grenzwerthen.

Die Stromstärke i_3 nimmt fortwährend ab, von dem Anfangswerthe

$$\frac{W_1 + W}{N}\{E + W_4 J_0\}$$

zu dem Endwerthe $\frac{W_1 + W}{N} E$.

Nach dem am Ende des Art. 5 oben gefundenen kann es einen extremen Werth von i_4 geben oder nicht geben. Der Anfangswerth ist

(73) $$\frac{1}{N}\{(W_1 + W) E - (WW_1 + WW_3 + W_1 W_3) J_0\},$$

der Endwerth

(74) $$\frac{W_1 + W}{N} E,$$

somit grösser als der Anfangswerth. Für den extremen Werth hat man, falls er vorkommt

(75) $$t_3 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \dfrac{WW_1 + WW_3 + W_1 W_3}{(W_1 + W_3) L}}{\lambda_2 - \dfrac{WW_1 + WW_3 + W_1 W_3}{(W_1 + W_3) L}},$$

(76) $$(i_4)_{\max} = \frac{W_1 + W}{N} E + \frac{W_1 \sqrt{W_4}}{N \sqrt{M}} \sqrt{(W_1 + W_3)\frac{L}{C} - W_2 (WW_1 + WW_3 + W_1 W_3)}\, J_0 e^{-at_3}.$$

Wenn es keinen extremen Werth giebt, so nimmt i_4 beständig zu.

7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.

Es erreicht jetzt das Potential Π ein Maximum, und zwar zur Zeit

(77) $$t_5 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}}{\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}}$$

von der Grösse

(78) $$\Pi_{\max} = \frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E + \frac{W_1 W_4}{N} \sqrt{\frac{L}{C}}\, J_0 e^{-at_5}.$$

Der Anfangs- und Endwerth von Π sind dieselben wie im Falle (A). Ein Inflexionspunkt der Π-Curve ergiebt sich zur Zeit

(79) $$t_6 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_g}{L}\right)}.$$

Die Stromstärke J hat für $t=0$ den Werth J_0, nimmt ab, wird gleich Null für $t=t_5$ und erreicht zur Zeit t_6 das Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{\sqrt{MN}} J_0 e^{-\alpha t_6}, \tag{80}$$

wächst alsdann und wird gleich Null für $t=\infty$.

In Bezug auf i und $-L\frac{di}{dt}$ gilt das im Falle (A) gefundene.

Die Stromstärke i_1 verhält sich wie im Falle (A), für die Voraussetzung, dass die Bedingungen (60) erfüllt sind und i_1 somit ein Minimum besitzt.

Die Stromstärke i_3, welche den Anfangswerth

$$\frac{W_1+W}{N}\{E+W_4 J_0\} \tag{81}$$

und den Endwerth

$$\frac{W_1+W}{N}E \tag{82}$$

hat, verhält sich anders, jenachdem die Bedingungen (63) erfüllt sind oder nicht erfüllt sind. In dem letzteren Falle nimmt i_3 beständig ab. In dem ersteren Falle besitzt i_3 zur Zeit

$$t_4 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1 - \frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2 - \frac{W_1+W}{L}} \tag{83}$$

das Minimum

$$(i_3)_{\min} = \frac{W_1+W}{N}E - \frac{W_1 W_4}{N\sqrt{M}}\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}\,J_0 e^{-\alpha t_4}. \tag{84}$$

Die Stromstärke i_4 erreicht jetzt ein Maximum und verhält sich somit wie unter (A) für diesen Fall angegeben worden ist.

Die Grössenordnung der ausgezeichneten t-Werthe ist:

$$0<t_1<t_2<t_3<t_4<t_5<t_6<\infty. \tag{85}$$

8. **Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Der Kürze wegen soll die Discussion auf das Verhalten von H, J, i und i_3 beschränkt werden.

Bei der Untersuchung von H kommt der Quotient

$$-\frac{a-\frac{W_1+W}{L}}{\sqrt{a^2-b}} \tag{86}$$

in Betracht. Derselbe wurde schon im Art. 5 untersucht.

In $\frac{di}{dt}$ kommen im Factor von $\sinh \sqrt{a^2-b}\, t$ folgende Ausdrücke vor:

$$(87)\qquad \begin{cases} 2\left\{a-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right\}=\dfrac{W_4^2-M}{(W_2+W_4)ML}\left\{\dfrac{L}{C}+\dfrac{N}{W_4^2-M}W_g(W_2+W_4)\right\}, \\ a^2-b=\left\{a-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}\right\}^2+\dfrac{W_4^2}{(W_2+W_4)^2}\dfrac{1}{MLC}\left\{\dfrac{L}{C}-(W_1+W)(W_2+W_4)\right\}. \end{cases}$$

Eine genügende Bedingung, damit der Quotient

$$(88)\qquad -\frac{a-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}}{\sqrt{a^2-b}}$$

negativ sei, ist wie unmittelbar ersichtlich,

$$(89)\qquad W_4^2>M.$$

Sie ist aber nicht nothwendig. Hat man

$$(90)\qquad W_4^2<M,$$

so muss hierzu die fernere Bedingung

$$(91)\qquad \frac{L}{C}<\frac{NW_g(W_2+W_4)}{M-W_4^2}$$

erfüllt sein. Damit der Quotient (88) seinem absoluten Betrage nach grösser als 1 sei, muss die Ungleichheit

$$(92)\qquad \frac{L}{C}<(W_1+W)(W_2+W_4)$$

bestehen. Diese Ungleichheit ist im Falle (A) immer erfüllt, indem dann

$$(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}<MN+W_1^2W_4^2-2W_1W_4\sqrt{MN}$$

und

$$(W_1+W_3+W_4)^2(W_1+W)(W_2+W_4)=(N+W_1^2)(M+W_4^2)=$$
$$=MN+W_1^2W_4^2+MW_1^2+NW_4^2.$$

Im Falle (B) kann sie erfüllt sein oder nicht erfüllt sein. Aber auch die Bedingung (91) ist im Falle (A) immer erfüllt. Beim Beweise braucht man nur vorauszusetzen, dass

$$M>W_4^2$$

ist. Man bildet aus der Bedingung (28), p. 234

$$(W_1+W_3+W_4)^2(M-W_4^2)\frac{L}{C}<R=(M-W_4^2)\left\{\sqrt{MN}-W_1W_4\right\}^2$$

und hieraus

$$(W_1+W_3+W_4)^2(M-W_4^2)\frac{L}{C}<S=NW_g(W_2+W_4)(W_1+W_3+W_4)^2,$$

indem die Differenz

$$S-R-(M+W_4^2)(MN-W_1^2W_4^2)-(M-W_4^2)\left\{\sqrt{MN}-W_1W_4\right\}^2=$$
$$=2\left(\sqrt{MN}-W_1W_4\right)W_4\sqrt{M}\left(W_4\sqrt{N}+W_1\sqrt{M}\right)$$

positiv ist.

In dem Falle (B) können die Bedingungen (91) und (92) erfüllt sein oder nicht erfüllt sein.

Schliesslich kommt es bei der Untersuchung von i_3 auf den Quotienten

$$\frac{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_1-\frac{1}{C(W_2+W_4)}\right)}{\left(\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}\right)\left(\lambda_2-\frac{1}{C(W_2+W_4)}\right)} \tag{93}$$

an. Es existirt ein extremer Werth von i_3, entweder ein Maximum oder ein Minimum, falls dieser Quotient positiv und grösser als 1 ist. Man berechnet für den Quotienten (93) noch den Ausdruck

$$\frac{\left\{\frac{L}{C}-\frac{W_1^2}{W_4^2}(W_2+W_4)^2\right\}\lambda_1+\frac{W_1^2(W_2+W_4)-W_4^2(W_1+W)}{W_4^2C}}{\left\{\frac{L}{C}-\frac{W_1^2}{W_4^2}(W_2+W_4)^2\right\}\lambda_2+\frac{W_1^2(W_2+W_4)-W_4^2(W_1+W)}{W_4^2C}}. \tag{94}$$

Hieraus ist unmittelbar ersichtlich, dass ein extremer Werth von i_3 vorhanden ist, wenn die beiden Bedingungen

$$\begin{cases}\sqrt{\frac{L}{C}}>\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4),\\ W_1^2(W_2+W_4)>W_4^2(W_1+W)\end{cases} \tag{95}$$

oder auch die beiden Bedingungen

$$\begin{cases}\sqrt{\frac{L}{C}}<\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4),\\ W_1^2(W_2+W_4)<W_4^2(W_1+W)\end{cases} \tag{96}$$

auf ein Mal erfüllt sind. Diese Fälle sind aber nicht die einzigen. Hat man

$$\begin{cases}\sqrt{\frac{L}{C}}>\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4),\\ W_1^2(W_2+W_4)<W_4^2(W_1+W),\end{cases} \tag{97}$$

so giebt es einen extremen Werth von i_3, falls der Nenner in dem Ausdrucke (94) positiv ist. Indem man den Werth von λ_2 substituirt, findet man hierfür die beiden Bedingungen

$$(98)\qquad \begin{cases} \left|\frac{L}{C} - \frac{W_1^2(W_2+W_4)}{W_1+W_3+W_4}\right| > \frac{W_1(W_2+W_4)}{W_4(W_1+W_3+W_4)}\sqrt{MN}, \\ \left\{\frac{L}{C} - (W_1+W)(W_2+W_4)\right\}^2 > 0, \end{cases}$$

von welchen die letztere unmittelbar und immer erfüllt ist.

Wenn dagegen

$$(99)\qquad \begin{cases} \sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4), \\ W_1^2(W_2+W_4) > W_4^2(W_1+W) \end{cases}$$

ist, so giebt es einen extremen Werth von i_3, falls der Nenner in dem Ausdrucke (94) negativ ist. Hierzu ist es erforderlich, dass die erste Bedingung (98) nicht erfüllt ist.

Die Stromstärke i_3 verändert sich stets in demselben Sinne, falls die jetzt erhaltenen Combinationen von Bedingungen nicht befriedigt werden.

Die zweite Bedingung (95) oder (96) hat eine besondere Bedeutung. Der Anfangswerth der Stromstärke i_3 ist immer

$$(100)\qquad i_3 = \frac{W_2+W_4}{M}E,$$

der Endwerth

$$(101)\qquad i_3 = \frac{W_1+W}{N}E.$$

Es ist der erstere Werth grösser, wenn

$$(102)\qquad \frac{W_2+W_4}{M} > \frac{W_1+W}{N}$$

ist, oder was dasselbe aussagt,

$$(103)\qquad W_4^2(W_1+W) > W_1^2(W_2+W_4)$$

ist; dagegen ist der letztere Werth grösser, falls

$$(104)\qquad \frac{W_2+W_4}{M} < \frac{W_1+W}{N},$$

d. h.

$$(105)\qquad W_4^2(W_1+W) < W_1^2(W_2+W_4)$$

ist. Die Ungleichheit (103) ist identisch mit der zweiten Ungleichheit (96), und die Ungleichheit (105) identisch mit der zweiten Ungleichheit (95).

Auch die Bedeutung der ersten Bedingung (95) oder (96) ist einfach. Nach (22) p. 233 ist für $t=0$

$$\frac{di_3}{dt}=\frac{E}{LM^2}\left\{W_1^2(W_2+W_4)^2-W_4^2\frac{L}{C}\right\}.$$

Somit wird i_3 anfangs wachsen, falls

$$\sqrt{\frac{L}{C}}<\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4) \tag{106}$$

ist, und anfangs abnehmen, falls

$$\sqrt{\frac{L}{C}}>\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4) \tag{107}$$

ist.

Schliesslich soll noch nachgewiesen werden, dass extreme Werthe von i_3 sowohl im Falle (A), wie im Falle (B) vorkommen können. Dieser Nachweis geschieht am einfachsten, indem man auf frühere Resultate Bezug nimmt. Die in dem jetzigen Abschn. VIII behandelte Anordnung geht, wie auf p. 231 hervorgehoben wurde, in die im Abschn. II betrachtete Anordnung über, wenn man $W_4=\infty$ setzt, und in die im Abschn. III untersuchte Anordnung über, falls $W_1=\infty$ genommen wird. Bei der Anordnung im Abschn. II hat die Stromstärke J, welche jetzt i_3 entspricht, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen im Falle (A) entweder ein Maximum oder keinen extremen Werth, im Falle (B) immer ein Minimum. Bei der im Abschn. III betrachteten Anordnung hat die Stromstärke i, welche jetzt i_3 entspricht, im Falle (A) ein Maximum, dagegen im Falle (B) keinen extremen Werth. Hieraus ist ersichtlich, dass sowohl im Falle (A) wie im Falle (B) extreme Werthe von i_3 vorkommen können, aber nicht vorkommen müssen. Unter den möglichen extremen Werthen hat man im Falle (A) ein Maximum, im Falle (B) ein Minimum. Diese Möglichkeiten sind aber nicht die einzigen, wie folgende Ueberlegung zeigt. Sowohl im Falle (A) wie im Falle (B) kann man haben

$$\sqrt{\frac{L}{C}}\leqq\frac{W_1}{W_4}(W_2+W_4)$$

und

$$W_1^2(W_2+W_4)\leqq W_4^2(W_1+W),$$

folglich auch jede der hieraus entspringenden vier Combinationen. Bei der Combination (95) wird i_3 gemäss der Bedingung (107) anfangs abnehmen, während ihr Endwerth gemäss (105) grösser als ihr Anfangswerth ist. Die Stromstärke i_3 erreicht also ein Minimum, auch im Falle (A). Ebenso zeigt man, dass die Combination (96) ein Maximum von i_3 ergiebt, auch im Falle (B).

9. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten jetzt die Formeln (45) · · · (51).

Die Gl. (68) besitzt keine reelle positive Wurzel. Es ändert sich somit H stets in demselben Sinne, und zwar wächst es von dem Anfangswerthe Null zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_4(W_1+W)}{N}E$. Die H-Curve besitzt einen oder keinen Inflexionspunkt, je nachdem die Ungleichheit

(108) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < W_1 \sqrt{\frac{W_2+W_4}{W_1+W_3+W_4}}$$

oder die Ungleichheit

(109) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > W_1 \sqrt{\frac{W_2+W_4}{W_1+W_3+W_4}}$$

erfüllt ist. In dem ersten Falle hat der Inflexionspunkt die Abscisse

(110) $$t_0 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_1\right)}{\lambda_2\left(\frac{W_1+W}{L}-\lambda_2\right)}.$$

Besteht die Bedingung (108), so wächst die Stromstärke J von dem Anfangswerthe $\frac{W_4}{M}E$ zu dem der Zeit t_0 angehörenden Maximum

(111) $$J_{\max} = \frac{W_1 W_4}{M}\sqrt{\frac{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}{N}}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-\alpha t_0},$$

und sinkt dann zu dem Endwerthe Null.

Besteht dagegen die Bedingung (109), so nimmt J beständig ab, zwischen denselben Grenzwerthen wie oben.

Die Stromstärke i besitzt ein Maximum und zwar zur Zeit

(112) $$t_1 = \frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{1}{C(W_2+W_4)}}{\lambda_2-\frac{1}{C(W_2+W_4)}}$$

mit dem Werthe

(113) $$i_{\max} = \frac{W_1}{N}E\left\{1+W_4\sqrt{\frac{C}{L}}\sqrt{\frac{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}{M}}e^{-\alpha t_1}\right\}.$$

Der Anfangswerth von i ist Null, der Endwerth $\frac{W_1}{N}E$.

Die induktionselektromotorische Kraft besitzt ebenfalls ein Maximum, der Zeit

$$t_2 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \frac{1}{C(W_2 + W_4)} \right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \frac{1}{C(W_2 + W_4)} \right)} \tag{114}$$

angehörend, von der Grösse

$$\left(-L \frac{di}{dt} \right)_{\max} = \frac{W_1 W_4}{M} \sqrt{\frac{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}{N}} E e^{-at_2}. \tag{115}$$

Der Anfangswerth der Grösse $-L\frac{di}{dt}$ ist $-\frac{W_1(W_2+W_4)}{M}E$; es wird $-L\frac{di}{dt}$ gleich Null für $t = t_1$ und endet wieder mit dem Werthe Null. Das Maximum liegt zwischen t_1 und ∞.

Bei der Untersuchung von i_3 werde zuerst angenommen, dass

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{W_1}{W_4}(W_2 + W_4) \tag{116}$$

ist. Alsdann wird i_3 von dem Anfangswerthe $\frac{W_2+W_4}{M}E$ zuerst wachsen. Ist ausserdem

$$W_4^2(W_1 + W) > W_1^2(W_2 + W_4), \tag{117}$$

so erreicht i_3 zur Zeit

$$t' = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\left\{ W_1^2(W_2 + W_4)^2 - W_4^2 \frac{L}{C} \right\} \lambda_1 + \frac{1}{C} \left\{ W_4^2(W_1 + W) - W_1^2(W_2 + W_4) \right\}}{\left\{ W_1^2(W_2 + W_4)^2 - W_4^2 \frac{L}{C} \right\} \lambda_2 + \frac{1}{C} \left\{ W_4^2(W_1 + W) - W_1^2(W_2 + W_4) \right\}} \tag{118}$$

das Maximum

$$(i_3)_{\max} = \frac{W_1 + W}{N} E + \frac{W_1 W_4}{MN} \left\{ (W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C} \right\} \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-at'}, \tag{119}$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_1+W}{N}E$ ab. Hat man aber ausser der Bedingung (116)

$$W_4^2(W_1 + W) < W_1^2(W_2 + W_4), \tag{120}$$

so nimmt i_3 entweder beständig zu oder besitzt zur Zeit (118) das Maximum (119), je nachdem die Bedingungen (98) nicht erfüllt sind oder erfüllt sind.

Jetzt werde angenommen, dass

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{W_1}{W_4}(W_2 + W_4) \tag{121}$$

ist. Alsdann wird i_3 von demselben Anfangswerthe wie oben zuerst abnehmen. Ist ausserdem

$$W_4^2(W_1+W)<W_1^2(W_2+W_4), \tag{122}$$

so kommt zur Zeit

$$t'=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\left\{W_4^2\frac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}\lambda_1+\frac{1}{C}\left\{W_1^2(W_2+W_4)-W_4^2(W_1+W)\right\}}{\left\{W_4^2\frac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}\lambda_2+\frac{1}{C}\left\{W_1^2(W_2+W_4)-W_4^2(W_1+W)\right\}} \tag{123}$$

das Minimum

$$(i_3)_{\min}=\frac{W_1+W}{N}E-\frac{W_1W_4}{MN}\left\{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}\right\}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-at'} \tag{124}$$

vor. Es darf hier bemerkt werden, dass in dem Falle (A) nach dem auf p. 245 gefundenen immer

$$(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}>0 \tag{92}$$

ist. Hat man statt der Bedingung (122)

$$W_4^2(W_1+W)>W_1^2(W_2+W_4), \tag{125}$$

so nimmt i_3 entweder beständig ab, oder besitzt fortwährend zur Zeit (123) das Minimum (124), je nachdem diejenigen Bedingungen nicht erfüllt sind oder erfüllt sind, welche aus den Bedingungen (98) in der Weise entstehen, dass man in der ersten Ungleichheit das Zeichen $>$ in $<$ umkehrt.

10. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Bei der Discussion von Π müssen zwei Fälle von einander unterschieden werden. Wenn die Bedingungen (63), p. 241 erfüllt sind, so besitzt Π einen extremen Werth, und zwar zur Zeit

$$t_4=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1-\frac{W_1+W}{L}}{\lambda_2-\frac{W_1+W}{L}} \tag{126}$$

das Maximum

$$\Pi_{\max}=\frac{W_4(W_1+W)}{N}E\left\{1+\frac{W_1}{W_1+W}\sqrt{\frac{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}{M}}e^{-at_4}\right\}. \tag{127}$$

Die Anfangs- und Endwerthe von Π sind dieselben wie im Falle (A).

Die Stromstärke J nimmt jetzt zuerst von dem Werthe $\frac{W_4}{M}E$ ab, bis zu dem der Zeit

(128) $$t_5 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W}{L} \right)}{\lambda_2 \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W}{L} \right)}$$

angehörenden Minimum

(129) $$J_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{M} \sqrt{\frac{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}{N}} \sqrt{\frac{C}{L}} E e^{-\alpha t_5},$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null. Für $t = t_5$ ergiebt sich ein Inflexionspunkt der H-Curve.

Sind die beiden Bedingungen (63), p. 241 nicht erfüllt, so nimmt H beständig zu. Die H-Curve besitzt jetzt einen Inflexionspunkt und die Stromstärke J ein Minimum, falls

(130) $$\sqrt{\frac{L}{C}} < W_1 \sqrt{\frac{W_2 + W_4}{W_1 + W_3 + W_4}}$$

ist. Zur Zeit

(131) $$t_5 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 \left(\frac{W_1 + W}{L} - \lambda_1 \right)}{\lambda_2 \left(\frac{W_1 + W}{L} - \lambda_2 \right)}$$

hat man nämlich für $J_{\min}$ den soeben berechneten Werth. Ist dagegen

(132) $$\sqrt{\frac{L}{C}} > W_1 \sqrt{\frac{W_2 + W_4}{W_1 + W_3 + W_4}},$$

so nimmt die Stromstärke J beständig ab, und die H-Curve besitzt keinen Inflexionspunkt.

Betrachten wir jetzt die Stromstärke i. Der Anfangswerth ist Null, der Endwerth gleich $\frac{W_1}{N} E$. Ein extremer Werth von i und zwar ein Maximum kommt vor, falls auf ein Mal die Bedingungen (89) und (92) oder (90), (91) und (92) befriedigt sind. Dieses Maximum ergiebt sich dann zur Zeit

(133) $$t_1 = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \log \frac{\lambda_1 - \frac{1}{C(W_2 + W_4)}}{\lambda_2 - \frac{1}{C(W_2 + W_4)}}$$

und hat den Werth

(134) $$i_{\max} = \frac{W_1}{N} E \left\{ 1 + W_4 \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{\frac{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}{M}} e^{-\alpha t_1} \right\}.$$

Wenn ein extremer Werth von i nicht vorhanden ist, so wächst diese Stromstärke fortwährend.

Wenn i ein Maximum besitzt, so besitzt auch $-L\frac{di}{dt}$ ein Maximum. Diese Grösse, welche mit dem Werthe

$$-\frac{W_1(W_2+W_4)}{M}E$$

anfängt, wächst dann zuerst, wird gleich Null für $t=t_1$ und erreicht zur Zeit

$$t_2=\frac{1}{\lambda_1-\lambda_2}\log\frac{\lambda_1\left(\lambda_1-\frac{1}{C(W_2+W_4)}\right)}{\lambda_2\left(\lambda_2-\frac{1}{C(W_2+W_4)}\right)} \tag{135}$$

das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1W_4}{M}\sqrt{\frac{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}{N}}Ee^{-at_2}, \tag{136}$$

um nachher allmählig bis Null zu sinken.

Wenn i kein Maximum besitzt, so wächst $-L\frac{di}{dt}$ beständig, zwischen den soeben angegebenen Grenzwerthen.

In Bezug auf i_3 genügt es auf die Untersuchung im Falle (A) hinzuweisen. Es sind auch jetzt sämmtliche dort betrachtete Möglichkeiten vorhanden, und es darf nur bemerkt werden, dass die Ausdrücke für $(i_3)_{\max}$ und $(i_3)_{\min}$ die auf p. 250 und 251 gegebenen sind, falls die Relation

$$(W_1+W)(W_2+W_4)>\frac{L}{C}$$

besteht, sich aber mit einander vertauschen, wenn man

$$(W_1+W)(W_2+W_4)<\frac{L}{C}$$

hat.

11. **Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen.** In dem Falle (A) hat man jetzt

$$\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{\sqrt{MN}-W_1W_4}{W_1+W_3+W_4} \tag{137}$$

ferner

$$a=\sqrt{\frac{N}{M}}\frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{138}$$

und

$$c=\frac{W_1W_4}{M}\frac{1}{\sqrt{LC}}. \tag{139}$$

In dem Falle (B) ist

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{MN} + W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4}, \tag{140}$$

$$a = \sqrt{\frac{N}{M}} \frac{1}{\sqrt{LC}}, \tag{141}$$

$$c = -\frac{W_1 W_4}{M} \frac{1}{\sqrt{LC}}. \tag{142}$$

Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen berechnet man im Falle (A) die Formeln

$$\begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4 (W_1 + W)}{N} E - W_g \cdot J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_1 W_4 (W_1 + W_3 + W_4)}{C(MN - W_1^2 W_4^2)} \sqrt{\dfrac{N}{M}}\, t \right\}, \\ J = C \dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_1 W_4}{M} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{CM} J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4} \sqrt{\dfrac{N}{M}} \dfrac{t}{L} \right\}. \end{cases} \tag{143}$$

$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E + \dfrac{W_1 W_4}{N} J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \sqrt{\dfrac{N}{M}} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} \quad \dfrac{W_1 W_4}{M} \dfrac{J_0}{LC} t \cdot \end{cases} \tag{144}$$

$$\begin{cases} i_4 \quad \dfrac{W_1 + W}{N} E + \dfrac{(W_1 + W) W_4}{N} J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_1 \sqrt{N}}{M} \dfrac{W_1 \sqrt{M} + W_4 \sqrt{N}}{N + W_1^2} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} \quad \dfrac{W_4}{CM} J_0 \cdot e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_1}{W_1 + W_3 + W_4} \dfrac{W_1 \sqrt{M} + W_4 \sqrt{N}}{\sqrt{M}} \dfrac{t}{L} \right\}. \end{cases} \tag{145}$$

Im Falle (B) erhält man, für dieselbe Wahl der Anfangsbedingungen

$$\begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4 (W_1 + W)}{N} E - W_g \cdot J_0 e^{-at} \left\{ 1 - \dfrac{W_1 W_4 (W_1 + W_3 + W_4)}{C(MN - W_1^2 W_4^2)} \sqrt{\dfrac{N}{M}}\, t \right\}, \\ J = C \dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-at} \left\{ 1 - \dfrac{W_1 W_4}{M} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = -\dfrac{W_1 + W_3 + W_4}{CM} J_0 e^{-at} \left\{ 1 - \dfrac{W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4} \sqrt{\dfrac{N}{M}} \dfrac{t}{L} \right\}. \end{cases} \tag{146}$$

$$\begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E + \dfrac{W_1 W_4}{N} J_0 e^{-at} \left\{ 1 + \sqrt{\dfrac{N}{M}} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1 W_4}{M} \dfrac{J_0}{LC} t\, e^{-at} \end{cases} \tag{147}$$

$$(148)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N}E + \dfrac{(W_1+W)W_4}{N}J_0 e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1\sqrt{N}}{M}\dfrac{W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}}{N+W_1^2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = -\dfrac{W_4}{CM}J_0 e^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}}{\sqrt{M}}\dfrac{t}{L}\right\}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen ergeben sich im Falle (A) die Formeln

$$(149)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N}E\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1\sqrt{N}}{M}\dfrac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{N+W_1^2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right]\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4}{M}Ee^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{\sqrt{M}}\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_4}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{1}{M^{\frac{3}{2}}}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{W_1\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)-(W_1+W_3+W_4)\sqrt{N}\right]\sqrt{\dfrac{L}{C}} \\ \qquad\qquad -W_1\left]\sqrt{\dfrac{N}{M}}\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(150)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N}E\left\{1-e^{-at}\left[1-\dfrac{W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{\sqrt{N}}{M}\dfrac{t}{L}\right]\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1(W_2+W_4)}{M}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{1-\dfrac{W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}{\sqrt{M}(M+W_4^2)}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(151)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N}E - \dfrac{1}{MN}Ee^{-at}\left\{W_1^2(W_2+W_4)-W_4^2(W_1+W)\right. \\ \qquad\qquad \left. -\sqrt{\dfrac{N}{M}}\dfrac{W_1W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = \dfrac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{M^2(W_1+W_3+W_4)^2}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{\sqrt{M}\left[\sqrt{M}\left(W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}\right)+2W_1W_4^2\right]\right. \\ \qquad\qquad \left. -W_1W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}, \end{cases}$$

und im Falle (B) die Formeln

$$(152)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N}E\left\{1-e^{-at}\left[1+\dfrac{W_1\sqrt{N}}{M}\dfrac{W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}}{N+W_1^2}\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}\right., \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{W_4}{M}Ee^{-at}\left\{1+\dfrac{W_1}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}}{\sqrt{M}}\dfrac{t}{L}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_4}{W_1+W_3+W_4}\dfrac{1}{M^{\frac{3}{2}}}\dfrac{E}{L}e^{-at}\left\{W_1\left(W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}\right)-(W_1+W_3+W_4)\sqrt{N}\right]\sqrt{\dfrac{L}{C}} \\ \qquad\qquad -W_1\left]\sqrt{\dfrac{N}{M}}\left(W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}\right)\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right\}. \end{cases}$$

$$(153)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E \left\{ 1 - e^{-at} \left[1 + \dfrac{W_4 \left(W_1 \sqrt{M} - W_4 \sqrt{N} \right) \sqrt{N}\, t}{W_1 + W_3 + W_4} \dfrac{}{M\, L} \right] \right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{W_1 (W_2 + W_4)}{M} \dfrac{E}{L} e^{-at} \left\{ 1 + \dfrac{W_4 \left(W_1 \sqrt{M} - W_4 \sqrt{N} \right)}{\sqrt{M (M + W_4^2)}} \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}. \end{cases}$$

$$(154)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1 + W}{N} E - \dfrac{1}{MN} E e^{-at} \left\{ W_1^2 (W_2 + W_4) - W_4^2 (W_1 + W) \right. \\ \qquad \left. + \sqrt{\dfrac{N}{M}} \dfrac{W_1 W_4 \left(W_1 \sqrt{M} - W_4 \sqrt{N} \right)^2}{(W_1 + W_3 + W_4)^2} \dfrac{t}{L} \right\}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = \dfrac{W_1 \sqrt{M} - W_4 \sqrt{N}}{M^2 (W_1 + W_3 + W_4)^2} \dfrac{E}{L} e^{-at} \left\{ \sqrt{M} \left[\sqrt{M} \left(W_1 \sqrt{M} + W_4 \sqrt{N} \right) + 2 W_1 W_4^2 \right] \right. \\ \qquad \left. + W_1 W_4 \left(W_1 \sqrt{M} - W_4 \sqrt{N} \right) \dfrac{t}{\sqrt{LC}} \right\}. \end{cases}$$

12. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gehören zu diesem Falle die Formeln (143) ··· (145).

Das Potential Π wächst fortwährend mit der Zeit, von dem Anfangswerthe Π_0, für $t = 0$, zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E$, für $t = \infty$. Die Π-Curve besitzt keinen Inflexionspunkt.

Die Stromstärke J nimmt beständig ab, von J_0 zu Null.

Die Stromstärke i nimmt von dem Anfangswerthe $\frac{W_1}{N} (E + W_4 J_0)$ zu dem Werthe $\frac{W_1}{N} E$ ab, ohne ein Minimum zu besitzen.

Die induktionselektromotorische Kraft hat Null als Anfangs- und Endwerth und erreicht zur Zeit

$$(155)\qquad t_1 = \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{M}{N}} \sqrt{LC}$$

das Maximum

$$(156)\qquad \left(- L \frac{di}{dt} \right)_{\max} = \frac{W_1 W_4}{\sqrt{MN}} J_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \frac{1}{e}.$$

Die Stromstärke i_3 ändert sich stets in demselben Sinne, und zwar abnehmend von $\frac{W_1 + W}{N} (E + W_4 J_0)$ zu $\frac{W_1 + W}{N} E$.

13. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es kommen jetzt die Formeln (146)···(148) zur Anwendung.

Anfangs- und Endwerth von Π sind dieselben wie im Falle (A). Zwischen diesen Werthen liegt aber jetzt das der Zeit

(157) $$t_5 = \frac{M}{W_1 W_4} \sqrt{LC}$$

entsprechende Maximum

(158) $$\Pi_{\max} = \frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E + \frac{W_1 W_4}{N} J_0 \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-at_5}.$$

Die Stromstärke J verändert sich von J_0 bis zu dem der Zeit

(159) $$t_6 = \frac{W_1 + W_3 + W_4}{W_1 W_4} \sqrt{\frac{M}{N}} L$$

entsprechenden Minimum

(160) $$J_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{\sqrt{MN}} J_0 e^{-at_6}.$$

und wächst dann zu Null.

Der Abscisse t_6 entspricht ein Inflexionspunkt der Π-Curve.

Die Stromstärke i und die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ zeigen dasselbe Verhalten wie im Falle (A).

Bei der Untersuchung von i_3 dürfen zwei Fälle von einander unterschieden werden. Es werde zuerst angenommen, dass

(161) $$W_1 \sqrt{M} < W_4 \sqrt{N}$$

ist. Dann nimmt i_3 zuerst von demselben Anfangswerthe wie im Falle (A) ab, bis zu dem der Zeit

(162) $$t_4 = \frac{(W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{M}}{W_4 \sqrt{N} - W_1 \sqrt{M}} \frac{L}{W_1}$$

entsprechenden Minimum

(163) $$(i_3)_{\min} = \frac{W_1 + W}{N} E - \frac{W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4} \frac{W_4 \sqrt{N} - W_1 \sqrt{M}}{N \sqrt{M}} J_0 e^{-at_4},$$

und nimmt dann zu bis zu dem Endwerthe $\frac{W_1 + W}{N} E$.

Ist dagegen die Bedingung

(164) $$W_1 \sqrt{M} > W_4 \sqrt{N}$$

erfüllt, so nimmt i_3 zwischen den obigen Grenzwerthen beständig ab.

14. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten die Formeln (149) · · · (151).

Das Potential H nimmt von Null an bis zu dem Werthe $\frac{W_4(W_1+W)}{N}E$, für $t=\infty$, zu. Die H-Curve hat keinen Inflexionspunkt, falls

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{W_1}{W_1+W_3+W_4}\,\frac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{\sqrt{N}} \tag{165}$$

ist, hat dagegen einen Inflexionspunkt mit der Abscisse

$$t_0 = \frac{W_1\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)-(W_1+W_3+W_4)\sqrt{N}\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1\sqrt{N}\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}\sqrt{M}\sqrt{LC} \tag{166}$$

wenn

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{W_1}{W_1+W_3+W_4}\,\frac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{\sqrt{N}} \tag{167}$$

ist.

In dem ersten Falle nimmt J beständig ab, von $\frac{W_4}{M}E$ zu Null. In dem zweiten Falle besitzt J zur Zeit t_0 das Maximum

$$J_{\max} = \frac{W_1W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}{(W_1+W_3+W_4)M\sqrt{N}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,E\,e^{-\alpha t_0}. \tag{168}$$

Die Stromstärke i wächst von dem der Zeit $t=0$ angehörenden Werthe Null zu dem zur Zeit

$$t_1 = \frac{\sqrt{M(M+W_4^2)}}{W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}\sqrt{LC} \tag{169}$$

erfolgenden Maximum

$$i_{\max} = \frac{W_1}{N}E\left\{1+\frac{W_4}{W_1+W_3+W_4}\,\frac{W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}}{\sqrt{M}}\sqrt{\frac{C}{L}}\,e^{-\alpha t_1}\right\} \tag{170}$$

und nimmt dann bis zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_1}{N}E$ ab.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat für $t=0$ den Werth $-\frac{W_1(W_2+W_4)}{M}E$, wächst, wird gleich Null für $t=t_1$ und erreicht zur Zeit

$$t_2 = \frac{W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)+\sqrt{N}(M+W_4^2)}{W_4\sqrt{N}\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)}\sqrt{M}\sqrt{LC} \tag{171}$$

das Maximum

$$\left(L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1W_4}{W_1+W_3+W_4}\,\frac{W_1\sqrt{M}+W_1\sqrt{N}}{M\sqrt{N}}E, \tag{172}$$

nimmt dann ab und endet mit dem Werthe Null.

Bei der Discussion von i_3 hat man zwischen den Fällen zu unterscheiden, in welchen

$$W_1(M+2W_4^2) > W_4\sqrt{MN} \tag{173}$$

und

$$W_1(M+2W_4^2) < W_4\sqrt{MN} \tag{174}$$

ist. Diese Bedingungen sind identisch mit den Bedingungen (116) und (121) bezw. Wenn die Ungleichheit (173) erfüllt ist, so besitzt i_3 zur Zeit

$$t' = \frac{\sqrt{M}}{W_1 W_4} \frac{\sqrt{M}\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right) + 2W_1W_4^2}{W_1\sqrt{M} + W_4\sqrt{N}} \sqrt{LC} \tag{175}$$

das Maximum

$$(i_3)_{\max} = \frac{W_1 + W}{N} E + \frac{W_1 W_4}{MN} \frac{\left(W_1\sqrt{M} + W_4\sqrt{N}\right)^2}{\sqrt{MN} - W_1W_4} \frac{1}{W_1 + W_3 + W_4} E e^{-\alpha t'}. \tag{176}$$

Der Anfangswerth von i_3 ist $\frac{W_2 + W_4}{M} E$, der Endwerth $\frac{W_1 + W}{N} E$.

Besteht dagegen die Ungleichheit (174), so verändert sich i_3 stets in demselben Sinne, und zwar abnehmend zwischen den angegebenen Grenzwerthen.

15. **Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es kommen jetzt die Formeln (152) ··· (154) zur Anwendung.

Das Potential Π verhält sich verschieden, je nachdem

$$W_1\sqrt{M} < W_4\sqrt{N} \tag{177}$$

oder

$$W_1\sqrt{M} > W_4\sqrt{N} \tag{178}$$

ist.

In dem ersten Falle wächst Π von dem Anfangswerthe Null zu dem der Zeit

$$t_4 = \frac{(W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{M}}{W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}} \frac{L}{W_1} \tag{179}$$

entsprechenden Maximum

$$\Pi_{\max} = \frac{W_4(W_1 + W)}{N} E\left\{1 + \frac{W_1\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right)}{\sqrt{M}(N + W_1^2)} e^{-\alpha t_4}\right\}, \tag{180}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem Endwerthe $\frac{W_4(W_1 + W)}{N} E$.

In dem zweiten Falle nimmt H zwischen den obigen Grenzwerthen beständig zu.

Wenn die Bedingung (177) erfüllt ist, so nimmt die Stromstärke J von dem Anfangswerthe $\frac{W_4}{M}E$ ab, bis zu dem der Zeit

$$t_5 = \frac{W_1\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right) + (W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{N}\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right)}\sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC} \tag{181}$$

entsprechenden Minimum

$$J_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4}\frac{W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}}{M\sqrt{N}}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-\alpha t_5}, \tag{182}$$

und wächst dann zu Null. Für $t = t_6$ besitzt die H-Curve einen Inflexionspunkt.

Ist die Bedingung (178) befriedigt, so darf man zwischen den Fällen unterscheiden, in welchen

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{W_1\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)}{(W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{N}} \tag{183}$$

und

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{W_1\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)}{(W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{N}} \tag{184}$$

ist. In dem Falle (183) wächst J von dem Anfangswerthe zu dem der Zeit

$$t_5' = \frac{W_1\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right) - (W_1 + W_3 + W_4)\sqrt{N}\sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)}\sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC} \tag{185}$$

entsprechenden Maximum

$$J_{\max} = \frac{W_1 W_4}{W_1 + W_3 + W_4}\frac{W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}}{M\sqrt{N}}\sqrt{\frac{C}{L}}Ee^{-\alpha t_5'}, \tag{186}$$

und nimmt dann ab. In dem Falle (184) dagegen besitzt J keinen extremen Werth, sondern nimmt beständig ab, zwischen denselben Grenzwerthen wie früher.

Bei der Betrachtung von i werde zuerst angenommen, dass die Bedingung (177) besteht. Alsdann wächst i von dem Anfangswerthe Null bis zu dem der Zeit

$$t_1 = \frac{\sqrt{M}(M + W_4^2)}{W_4\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right)}\sqrt{LC} \tag{187}$$

entsprechenden Maximum

$$i_{\max} = \frac{W_1}{N}E\left\{1 + \frac{W_4\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right)}{\sqrt{M}(W_1 + W_3 + W_4)}\sqrt{\frac{C}{L}}e^{-\alpha t_1}\right\}. \tag{188}$$

und nimmt dann ab bis zu dem schliesslichen Werthe $\frac{W_1}{N} E$. Zugleich nimmt die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ von dem Werthe für $t=0$, $-\frac{W_1(W_2+W_4)}{M}E$ zu, bis zu dem der Zeit

$$t_2 = \frac{W_4\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right) + (M+W_4^2)\sqrt{N}}{W_4\left(W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}\right)} \sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC} \tag{189}$$

entsprechenden Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{W_1 W_4}{W_1+W_3+W_4} \frac{W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}}{M\sqrt{N}} E e^{-\alpha t_2} \tag{190}$$

um nachher allmählig bis Null zu sinken.

Wenn die Bedingung (178) erfüllt ist, so besitzt i kein Maximum, sondern nimmt beständig zu, zwischen denselben Grenzwerthen wie oben. Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ hat keinen extremen Werth, wenn die Bedingung

$$W_4\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right) < (M+W_4^2)\sqrt{N} \tag{191}$$

erfüllt ist. Hat man aber

$$W_4\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right) > (M+W_4^2)\sqrt{N}, \tag{192}$$

so besitzt $-L\frac{di}{dt}$ einen kleinsten Werth, und zwar zur Zeit

$$t_2' = \frac{W_4\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right) - (M+W_4^2)\sqrt{N}}{W_4\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)} \sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC} \tag{193}$$

das Minimum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{W_1+W_3+W_4} \frac{W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}}{M\sqrt{N}} E e^{-\alpha t_2'}. \tag{194}$$

Bei der Betrachtung von i_3 ist zwischen den Fällen zu unterscheiden, in welchen

$$W_1\sqrt{M} > W_4\sqrt{N} \tag{195}$$

und

$$W_1\sqrt{M} < W_4\sqrt{N} \tag{196}$$

ist. Ist die Bedingung (195) erfüllt, so besitzt i_3 keinen extremen Werth, sondern nimmt beständig zu, von dem Anfangswerthe $\frac{W_2+W_4}{M}E$ zu dem Endwerthe $\frac{W_1+W}{N}E$. Ist dagegen die Ungleichheit (196) erfüllt, so zeigt i_3 zur Zeit

$$t' = \frac{\sqrt{M}}{W_1 W_4} \frac{\sqrt{M}\left(W_1\sqrt{M} + W_4\sqrt{N}\right) + 2W_1 W_4^2}{W_4\sqrt{N} - W_1\sqrt{M}} \sqrt{LC} \tag{197}$$

das Minimum

$$(198)\qquad (i_3)_{\min} = \frac{W_1 + W}{N} E - \frac{W_1 W_4}{MN} \frac{\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)^2}{\sqrt{MN} + W_1 W_4} \frac{1}{W_1 + W_3 + W_4} E e^{-\alpha t'}.$$

16. **Formeln für die periodische Ladung.** Die Formeln für die periodische Ladung, welche zu Stande kommt, wenn die Bedingung (30), p. 235 besteht, ergeben sich aus den Formeln für die aperiodische Ladung, indem man $\cosh\sqrt{a^2-b}\,t$ mit $\cos\sqrt{b-a^2}\,t$ und $\frac{1}{\sqrt{a^2-b}}\sinh\sqrt{a^2-b}\,t$ mit $\frac{1}{\sqrt{b-a^2}}\sin\sqrt{b-a^2}\,t$ ersetzt. Um ähnlicherweise wie im Art. 15, II abzukürzen, werden hier für die erste Wahl der Anfangsbedingungen folgende Bezeichnungen gebraucht:

$$(199)\qquad \beta = \sqrt{b-a^2}.$$

$$(200)\qquad \begin{cases} \sin\varphi = \frac{\sqrt{MN}}{W_1 W_4}(a W_g C - 1), \\ \cos\varphi = \frac{\sqrt{MN}}{W_1 W_4} W_g C \sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(201)\qquad \begin{cases} \sin\psi = \frac{M}{W_1 W_4}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\psi = \frac{M}{W_1 W_4}\sqrt{LC}\,a. \end{cases}$$

$$202\qquad \begin{cases} \sin\sigma = \frac{W_1 + W_3 + W_4}{W_1 W_4} L\sqrt{\frac{M}{N}}\left\{a - \frac{N}{L(W_1 + W_3 + W_4)}\right\}, \\ \cos\sigma = \frac{W_1 + W_3 + W_4}{W_1 W_4} L\sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{b-a^2}, \end{cases}$$

wobei

$$2\psi = \sigma - \varphi + \pi.$$

$$(203)\qquad \begin{cases} \sin\omega = \sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\omega = \sqrt{\frac{M}{N}}\sqrt{LC}\,a. \end{cases}$$

$$(204)\qquad \begin{cases} \sin\sigma = \frac{WM\sqrt{LC}}{\sqrt{N}W_1} \frac{a - \frac{N}{M}\frac{1}{CW}}{\sqrt{(W_3+W_4)\frac{L}{C} - W(W_2W_3 + W_2W_4 + W_3W_4)}}, \\ \cos\sigma = \frac{WM\sqrt{LC}}{\sqrt{N}W_1} \frac{\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_3+W_4)\frac{L}{C} - W(W_2W_3 + W_2W_4 + W_3W_4)}}. \end{cases}$$

$$(205)\quad \begin{cases} \sin\tau = \dfrac{\sqrt{M}\,L}{\sqrt{W_1}} \dfrac{\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_3+W_4)\dfrac{L}{C} - W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}}, \\ \cos\tau = \dfrac{\sqrt{M}\,L}{\sqrt{W_1}} \dfrac{a-\dfrac{W}{L}}{\sqrt{(W_3+W_4)\dfrac{L}{C} - W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}} \end{cases}$$

$$(206)\quad \begin{cases} \sin\varkappa = \dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{M}{\sqrt{N}} \dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}} \left\{a - \dfrac{N}{M\,C(W_1+W)}\right\}, \\ \cos\varkappa = \dfrac{W_1+W}{W_1}\dfrac{M}{\sqrt{N}} \dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}} \sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(207)\quad \begin{cases} \sin\varrho = \dfrac{L}{W_1} \dfrac{\sqrt{M}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}} \sqrt{b-a^2} \\ \cos\varrho = \dfrac{L}{W_1} \dfrac{\sqrt{M}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}} \left(a - \dfrac{W_1+W}{L}\right). \end{cases}$$

$$(208)\quad \begin{cases} \sin\mu = \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{W_1}\dfrac{M}{\sqrt{W_4N}}\dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{(W_1+W_3)\dfrac{L}{C} - W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}} \left\{a - \dfrac{N}{M}\dfrac{W_1+W_3}{C(WW_1+WW_3+W_1W_3)}\right\} \\ \cos\mu = \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{W_1}\dfrac{M}{\sqrt{W_4N}}\dfrac{\sqrt{LC}}{\sqrt{(W_1+W_3)\dfrac{L}{C} - W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}} \sqrt{b-a^2} \end{cases}$$

$$(209)\quad \begin{cases} \sin\nu = \dfrac{L(W_1+W_3)}{W_1}\sqrt{\dfrac{M}{W_4}} \dfrac{\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_1+W_3)\dfrac{L}{C} - W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}}, \\ \cos\nu = \dfrac{L(W_1+W_3)}{W_1}\sqrt{\dfrac{M}{W_4}} \dfrac{a - \dfrac{WW_1+WW_3+W_1W_3}{L(W_1+W_3)}}{\sqrt{(W_1+W_3)\dfrac{L}{C} - W_2(WW_1+WW_3+W_1W_3)}}. \end{cases}$$

Alsdann sind die Formelsysteme, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen,

$$(210)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N} E - W_g J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \varphi)}{\cos\varphi}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t + \psi)}{\sin\psi}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -\dfrac{W_1+W_3+W_4}{CM} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t + \theta)}{\cos\theta}. \end{cases}$$

$$(211)\quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E + \dfrac{W_1 W_4}{N} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t + \varpi)}{\sin\varpi}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1 W_4}{M}\dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin\beta t}{\beta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{W_1 W_4}{M}\dfrac{J_0}{LC} e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \varpi)}{\sin\varpi}. \end{cases}$$

$$(212)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W}{N} E + \dfrac{W W_4}{N} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \sigma)}{\cos\sigma} \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{W_4}{CM} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \tau)}{\sin\tau}. \end{cases}$$

$$(213)\quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N} E + \dfrac{(W_1+W)W_4}{N} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \varkappa)}{\cos\varkappa}. \\ \dfrac{di_3}{dt} = \dfrac{W_4}{CM} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \varrho)}{\sin\varrho}. \end{cases}$$

$$(214)\quad \begin{cases} i_4 = \dfrac{W_1+W}{N} E - \dfrac{WW_1 + WW_3 + W_1W_3}{N} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\cos(\beta t - \mu)}{\cos\mu}, \\ \dfrac{di_4}{dt} = -\dfrac{W_1+W_3}{CM} J_0 e^{-\alpha t} \dfrac{\sin(\beta t - \nu)}{\sin\nu}. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen braucht man, indem die Ausdrücke für i_1 und i_4 weggelassen werden, ausser der in den Formeln (206) und (207) enthaltenen Abkürzungen noch der folgenden

$$(215)\quad \begin{cases} \sin\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1\sqrt{N}} \dfrac{\left\{W_1^2(W_2+W_4) - (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}\right\} a + \dfrac{N}{C}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}}. \\ \cos\vartheta = \dfrac{\sqrt{LC}}{W_1\sqrt{N}} \dfrac{\left\{W_1^2(W_2+W_4) - (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}\right\}\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4) - \dfrac{L}{C}}}. \end{cases}$$

$$(216)\quad \begin{cases} \sin\gamma = \dfrac{M}{\sqrt{N}}\dfrac{L}{W_4}\dfrac{a-\dfrac{N}{M}\dfrac{W_2+W_4}{L}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}, \\ \cos\gamma = \dfrac{M}{\sqrt{N}}\dfrac{L}{W_4}\dfrac{\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}. \end{cases}$$

$$(217)\quad \begin{cases} \sin\delta = \dfrac{W_2+W_4}{W_4}\sqrt{M}\sqrt{LC}\dfrac{\sqrt{b-a^2}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}, \\ \cos\delta = \dfrac{W_2+W_4}{W_4}\sqrt{M}\sqrt{LC}\dfrac{a-\dfrac{1}{C(W_2+W_4)}}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}. \end{cases}$$

$$(218)\quad \begin{cases} \sin\eta = -\dfrac{C}{W_4\sqrt{N}}\dfrac{1}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}\left\{W_4^2\dfrac{L}{C}+\dfrac{MN-W_1^2W_4^2}{W_1+W_3+W_4}(W_2+W_4)\right\}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\eta = -\dfrac{C}{W_4\sqrt{N}}\dfrac{1}{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}}\left\{\left[W_4^2\dfrac{L}{C}+\dfrac{MN-W_1^2W_4^2}{W_1+W_3+W_4}(W_2+W_4)\right]a-\dfrac{N(W_2+W_4)}{C}\right\} \end{cases}$$

$$(219)\quad \begin{cases} \sin\zeta = \dfrac{1}{W_1W_4}L\sqrt{\dfrac{M}{N}}\dfrac{a\left\{N(W_2+W_4)-M(W_1+W)\right\}-\dfrac{N}{ML}\left\{W_4^2\dfrac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}}{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}, \\ \cos\zeta = \dfrac{1}{W_1W_4}L\sqrt{\dfrac{M}{N}}\dfrac{N(W_2+W_4)-M(W_1+W)}{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}\sqrt{b-a^2}. \end{cases}$$

$$(220)\quad \begin{cases} \sin\iota = \dfrac{1}{W_1W_4}\sqrt{LC}\dfrac{W_4^2\dfrac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2}{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}\sqrt{b-a^2}, \\ \cos\iota = \dfrac{1}{W_1W_4}\sqrt{LC}\dfrac{a\left\{W_4^2\dfrac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}+\dfrac{M(W_1+W)-N(W_2+W_4)}{C}}{(W_1+W)(W_2+W_4)-\dfrac{L}{C}}. \end{cases}$$

Es bestehen hierbei die Relationen

$$\begin{cases} \vartheta - \varkappa = \pi - 2\varrho, \\ 2\delta - \gamma = \eta - \dfrac{\pi}{2}, \\ \zeta + \iota = 3\dfrac{\pi}{2} - \omega. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen sind alsdann die Formeln für die periodische Ladung

$$(221) \quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_4(W_1+W)}{N} E\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \varkappa)}{\cos\varkappa}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{W_4}{M} E e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \varrho)}{\sin\varrho}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{W_4}{LM^2}\left\{W_1^2(W_2+W_4) - (W_1+W_3+W_4)\dfrac{L}{C}\right\} E e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t + \vartheta)}{\cos\vartheta}. \end{cases}$$

$$(222) \quad \begin{cases} i = \dfrac{W_1}{N} E\left\{1 - e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \gamma)}{\cos\gamma}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = -\dfrac{W_1(W_2+W_4)}{M}\dfrac{E}{L} e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \delta)}{\sin\delta}, \\ \dfrac{d^2 i}{dt^2} = \dfrac{W_1\left\{W_4^2\dfrac{L}{C} + \dfrac{MN - W_1^2 W_4^2}{W_1+W_3+W_4}(W_2+W_4)\right\}}{M^2 L^2} E e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \eta)}{\sin\eta}. \end{cases}$$

$$(223) \quad \begin{cases} i_3 = \dfrac{W_1+W}{N} E + \dfrac{N(W_2+W_4) - M(W_1+W)}{MN} E e^{-\alpha t}\dfrac{\cos(\beta t - \zeta)}{\cos\zeta}, \\ \dfrac{di_3}{dt} = \dfrac{1}{LM^2}\left\{W_4^2\dfrac{L}{C} - W_1^2(W_2+W_4)^2\right\} E e^{-\alpha t}\dfrac{\sin(\beta t - \iota)}{\sin\iota}. \end{cases}$$

Schliesslich sollen noch die Ausdrücke für die Oscillationszeit T und das logaritmische Dämpfungsdecrement α aufgestellt werden. Es ergiebt sich

$$(224) \quad T = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\sqrt{b - a^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{N}}\frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\dfrac{(W_1+W_3+W_4)^2}{MN}\dfrac{C}{L}\left\{\dfrac{L}{C} + \dfrac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\right\}^2}}.$$

$$(225) \quad \alpha = a\frac{T}{2\pi} = \pi\frac{a}{\beta} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{MN - W_1^2 W_4^2 + (W_1+W_3+W_4)^2\dfrac{L}{C}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\dfrac{(W_1+W_3+W_4)^2}{MN}\dfrac{C}{L}\left\{\dfrac{L}{C} + \dfrac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\right\}^2}}\frac{1}{(W_1+W_3+W_4)\sqrt{MN}}.$$

17. **Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten jetzt die Formeln (199)···(209) und (210)···(214). Die Schwingungen des Potentials Π und der Stromstärken sind regelmässig gedämpft. Für die verschiedenen Phasenwinkel hat man

$$(226)\qquad \begin{cases} -\frac{\pi}{2} < q < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \psi < \pi, \\ -\frac{\pi}{2} < o < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \varpi < \frac{\pi}{2}, \\ -\frac{\pi}{2} < \sigma < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \tau < \pi, \\ \frac{\pi}{2} < \varkappa < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \varrho < \pi, \\ -\frac{\pi}{2} < \mu < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \nu < \pi. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt in der Weise an, dass zuerst ein Maximum, dann ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. kommt. Die Maxima von Π gehören den Zeiten

$$(227)\qquad t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

an, und haben die Werthe

$$(228)\qquad \Pi_{\max} = \frac{W_4(W_1 + W)}{N} E + \frac{W_1 W_4}{N}\sqrt{\frac{L}{C}} J_0 e^{-at'}.$$

Für die Minima hat man

$$(229)\qquad t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots)$$

und

$$(230)\qquad \Pi_{\min} = \frac{W_4(W_1 + W)}{N} E - \frac{W_1 W_4}{N}\sqrt{\frac{L}{C}} J_0 e^{-at''}.$$

Die n ersten Minima sind negativ, falls die Ungleichheit

$$\frac{1}{\alpha T}\log\left\{\frac{W_1}{W_1+W}\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{J_0}{E}\right\}+\frac{\omega}{2\pi}>n \tag{231}$$

erfüllt ist.

Die Achse der Schwingungen von H liegt in dem Abstande $\frac{W_4(W_1+W)}{N}E$ von der Achse der Abscissen. Sie wird von der Curve in den Punkten

$$t^{(5)}=\left(n+\frac{1}{2}+\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{232}$$

geschnitten.

Die Stromstärke J hat den Werth Null zu den Zeiten t' und t'', besitzt zu den Zeiten

$$t'''=\left(2n-\frac{1}{2}-\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots) \tag{233}$$

die grössten Werthe

$$J_{\max}=\frac{W_1W_4}{\sqrt{MN}}J_0e^{-\alpha t'''}, \tag{234}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(4)}=\left(2n+\frac{1}{2}-\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{235}$$

die kleinsten Werthe

$$J_{\min}=-\frac{W_1W_4}{\sqrt{MN}}J_0e^{-\alpha t^{(4)}} \tag{236}$$

Den Abscissen t''' und $t^{(4)}$ entsprechen Inflexionspunkte der H-Curve.

Die Stromstärke i schwingt um die Achse $i=\frac{W_1}{N}E$, welche sie in den Punkten

$$t^{(9)}=\left(n+1-\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{237}$$

schneidet. Den Zeiten

$$t^{(10)}=2n\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{238}$$

entsprechen die Maxima

$$i_{\max}=\frac{W_1}{N}\left\{E+W_4J_0e^{-\alpha t^{(10)}}\right\}, \tag{239}$$

und den Zeiten

$$t^{(11)}=(2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{240}$$

die Minima

$$i_{\min}=\frac{W_1}{N}\left\{E-W_4J_0e^{-\alpha t^{(11)}}\right\}. \tag{241}$$

Es sind n Minima negativ, falls die Bedingung

$$2n+1<\frac{2}{\alpha T}\log\frac{E}{W_4 J_0} \tag{242}$$

erfüllt ist.

Zu den Zeiten $t^{(10)}$ und $t^{(11)}$ ist die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{di}{dt}$ gleich Null. Sie hat zu den Zeiten

$$t^{(12)}=\left(2n+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{243}$$

die grössten Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1 W_4}{\sqrt{MN}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0 e^{-\alpha t^{(12)}}, \tag{244}$$

und zu den Zeiten

$$t^{(13)}=\left(2n+1+\frac{\omega}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{245}$$

die kleinsten Werthe

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min}=-\frac{W_1 W_4}{\sqrt{MN}}\sqrt{\frac{L}{C}}J_0 e^{-\alpha t^{(13)}}. \tag{246}$$

Die Stromstärke i_1 schwingt um die Achse $i_1=\frac{W}{N}E$, und die Schnittpunkte zwischen der Achse und der i_1-Curve haben die Abscissen

$$t^{(6)}=\left(n+\frac{1}{2}+\frac{\sigma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{247}$$

Die Maxima von i_1 entsprechen den Zeiten

$$t^{(8)}=\left(2n+1+\frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{248}$$

und haben die Werthe

$$(i_1)_{\max}=\frac{W}{N}E+\frac{W_4\sqrt{W_1}}{N\sqrt{M}}\sqrt{(W_3+W_4)\frac{L}{C}-W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}\,J_0 e^{-\alpha t^{(8)}}, \tag{249}$$

die Minima den Zeiten

$$t^{(7)}=\left(2n+\frac{\tau}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{250}$$

und sind

$$(i_1)_{\min}=\frac{W}{N}E-\frac{W_4\sqrt{W_1}}{N\sqrt{M}}\sqrt{(W_3+W_4)\frac{L}{C}-W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}\,J_0 e^{-\alpha t^{(7)}}. \tag{251}$$

Es giebt n negative Werthe $(i_1)_{\min}$, falls die Ungleichheit

$$2n+\frac{\tau}{\pi}<\frac{2}{aT}\log\left\{\frac{W_1\sqrt{W_1}}{W\sqrt{M}}\sqrt{(W_3+W_4)\frac{L}{C}-W(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)}\frac{J_0}{E}\right\} \tag{252}$$

besteht.

Die Stromstärke i_3 schwingt um die Achse

$$i_3=\frac{W_1+W}{N}E. \tag{253}$$

Die Curve für i_3 schneidet diese Achse in den Punkten

$$t^{(14)}=\left(n+\frac{1}{2}+\frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{254}$$

Die Maxima von i_3 kommen vor zu den Zeiten

$$t^{(15)}=\left(2n+1+\frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{255}$$

und sind

$$(i_3)_{\max}=\frac{W_1+W}{N}\left\{E+\frac{W_1W_4}{(W_1+W)\sqrt{M}}\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}J_0e^{-\alpha t^{(15)}}\right\}, \tag{256}$$

die Minima zu den Zeiten

$$t^{(16)}=\left(2n+\frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{257}$$

und haben die Werthe

$$(i_3)_{\min}=\frac{W_1+W}{N}\left\{E-\frac{W_1W_4}{(W_1+W)\sqrt{M}}\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}J_0e^{-\alpha t^{(16)}}\right\}. \tag{258}$$

Es sind n Werthe $(i_3)_{\min}$ negativ, falls die Bedingung

$$2n+\frac{\varrho}{\pi}<\frac{2}{aT}\log\left\{\frac{W_1W_4}{(W_1+W)\sqrt{M}}\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}\frac{J_0}{E}\right\} \tag{259}$$

erfüllt ist.

Was schliesslich die Stromstärke i_4 betrifft, so ist die Schwingungsachse dieselbe wie für i_3:

$$i_4=\frac{W_1+W}{N}E. \tag{260}$$

Die Schnittpunkte der Curve mit der Achse haben die Abscissen

$$t^{(17)}=\left(n+\frac{1}{2}+\frac{\mu}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots). \tag{261}$$

Die Maxima von i_4 ergeben sich zu den Zeiten

$$t^{(18)} = \left(2n + \frac{\nu}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{262}$$

und haben die Werthe

$$(i_4)_{\max} = \frac{W_1 + W}{N} E + \frac{W_1\sqrt{W_4}}{N\sqrt{M}} \sqrt{(W_1 + W_3)\frac{L}{C} - W_2(WW_1 + WW_3 + W_1W_3)}\, J_0 e^{-\alpha t^{(18)}}. \tag{263}$$

die Minima kommen vor zu den Zeiten

$$t^{(19)} = \left(2n + 1 + \frac{\nu}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{264}$$

und sind

$$(i_4)_{\min} = \frac{W_1 + W}{N} E - \frac{W_1\sqrt{W_4}}{N\sqrt{M}} \sqrt{(W_1 + W_3)\frac{L}{C} - W_2(WW_1 + WW_3 + W_1W_3)}\, J_0 e^{-\alpha t^{(19)}}. \tag{265}$$

Damit die n ersten Minima von i_4 negativ seien, muss folgende Bedingung bestehen:

$$2n + 1 + \frac{\nu}{\pi} < \frac{2}{\alpha T}\log\left\{\frac{W_1\sqrt{W_4}}{(W_1 + W)\sqrt{M}} \sqrt{(W_1 + W_3)\frac{L}{C} - W_2(WW_1 + WW_3 + W_1W_3)}\,\frac{J_0}{E}\right\}. \tag{266}$$

18. **Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es kommen jetzt die Formeln (206), (207), (215)$\cdots$(220) und (221)$\cdots$(223) zur Anwendung. Für die Phasenwinkel hat man

$$\begin{cases} -\frac{\pi}{2} < \varkappa < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \varrho < \pi. \end{cases} \tag{267}$$

$$\begin{cases} 0 < \vartheta < \frac{\pi}{2}, \\ \frac{\pi}{2} < \vartheta < 3\frac{\pi}{2}, \end{cases} \tag{268}$$

je nachdem

$$W_1^2(W_2 + W_4) \gtrless (W_1 + W_3 + W_4)\frac{L}{C} \tag{269}$$

ist,

$$\begin{cases} -\frac{\pi}{2} < \gamma < \frac{\pi}{2}, \\ 0 < \delta < \pi, \\ \pi < \eta < 2\pi. \end{cases} \tag{270}$$

$$\begin{cases} -\frac{\pi}{2} < \zeta < \frac{\pi}{2}, \\ \frac{\pi}{2} < \zeta < 3\frac{\pi}{2}. \end{cases} \tag{271}$$

je nachdem

$$N(W_2 + W_4) \gtrless M(W_1 + W) \tag{272}$$

ist, und

$$\begin{cases} 0 < \iota < \pi, \\ \pi < \iota < 2\pi, \end{cases} \tag{273}$$

je nachdem

$$W_4^2 \frac{L}{C} \gtrless W_1^2 (W_2 + W_4)^2 \tag{274}$$

ist.

Im Anfang der H-Curve kommt ein Maximum mit einem vorausgehenden Inflexionspunkte oder keinem Inflexionspunkte, je nachdem das obere oder untere Zeichen in der Ungleichheit (269) gilt. Die Achse der Schwingungen von H ist dieselbe wie bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen. Die Schnittpunkte der Curve mit der Achse haben die Abscissen

$$t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varkappa}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots). \tag{275}$$

Die Maxima von H gehören den Zeiten

$$t' = \left(2n + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{276}$$

an und sind

$$\Pi_{\max} = \frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E\left\{1 + \frac{W_1}{(W_1 + W)\sqrt{M}}\sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}e^{-\alpha t'}}\right\}, \tag{277}$$

die Mimina kommen zu den Zeiten

$$t'' = \left(2n + 1 + \frac{\varrho}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{278}$$

vor, und haben die Werthe

$$\Pi_{\min} = \frac{W_4 (W_1 + W)}{N} E\left\{1 - \frac{W_1}{(W_1 + W)\sqrt{M}}\sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}e^{-\alpha t''}}\right\}. \tag{279}$$

Die Stromstärke J schwingt um die Achse $J = 0$, welche von der J-Curve zu den Zeiten t' und t'' geschnitten wird. Die Maxima von J kommen vor zu den Zeiten

$$t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad \begin{cases} (n = 0, 1, 2\cdots), \\ (n = 1, 2, 2\cdots), \end{cases} \tag{280}$$

wo die oberen oder unteren n-Werthe zu nehmen sind, je nachdem das obere oder untere Zeichen in der Relation (269) in Frage kommt. Es ist

$$J_{\max} = \frac{W_1 W_4}{M\sqrt{N}} \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}\, E e^{-\alpha t'''}. \tag{281}$$

Für die Minima von J hat man immer

$$t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\vartheta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1, 2, 3 \cdots), \tag{282}$$

$$J_{\min} = -\frac{W_1 W_4}{M\sqrt{N}} \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}\, E e^{-\alpha t^{(4)}}. \tag{283}$$

Den Werthen $t = t'''$ und $t = t^{(4)}$ entsprechen Inflexionspunkte der H-Curve.

Die Stromstärke i hat die Schwingungsachse

$$i = \frac{W_1}{N} E. \tag{284}$$

Die Schnittpunkte zwischen Curve und Achse haben die Abscissen

$$t^{(9)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\gamma}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2 \cdots). \tag{285}$$

Maxima von i ergeben sich zu den Zeiten

$$t^{(10)} = \left(2n + \frac{\delta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2 \cdots) \tag{286}$$

mit den Werthen

$$i_{\max} = \frac{W_1}{N} E \left\{1 + \frac{W_4}{\sqrt{M}} \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}\, e^{-\alpha t^{(10)}}\right\}, \tag{287}$$

und Minima zu den Zeiten

$$t^{(11)} = \left(2n + 1 + \frac{\delta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2 \cdots) \tag{288}$$

mit den Werthen

$$i_{\min} = \frac{W_1}{N} E \left\{1 - \frac{W_4}{\sqrt{M}} \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{(W_1 + W)(W_2 + W_4) - \frac{L}{C}}\, e^{-\alpha t^{(11)}}\right\}. \tag{289}$$

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ schwingt um die Achse der Abscissen. Sie hat ihre Maxima zu den Zeiten

$$t^{(12)} = \left(2n - 1 + \frac{\eta}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2 \cdots) \tag{290}$$

mit den Werthen

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max}=\frac{W_1W_4}{M}\frac{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}}{\sqrt{N}}Ee^{-at^{(12)}}, \tag{291}$$

und ihre Minima zu den Zeiten

$$t^{(13)}=\left(2n+\frac{\eta}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{292}$$

mit den Werthen

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min}=-\frac{W_1W_4}{M}\frac{\sqrt{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}}}{\sqrt{N}}Ee^{-at^{(13)}}. \tag{293}$$

Die Stromstärke i_3 schwingt um die Achse

$$i_3=\frac{W_1+W}{N}E. \tag{294}$$

Sie hat zu den Zeiten

$$t^{(14)}=\left(n-\frac{1}{2}+\frac{\xi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad \begin{cases}(n=0,\ 1,\ 2\cdots)\\(n=1,\ 2,\ 3\cdots)\end{cases} \tag{295}$$

eben den Werth (294). Man darf die obere oder untere Reihe von n-Werthen nehmen, je nachdem das untere oder obere Zeichen in der Ungleichheit (272) gilt.

Die Maxima von i_3 ergeben sich zu den Zeiten

$$t^{(15)}=\left(2n-1+\frac{\iota}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad \begin{cases}(n=0,\ 1,\ 2\cdots)\\(n=1,\ 2,\ 3\cdots)\end{cases} \tag{296}$$

und haben die Werthe

$$(i_3)_{\max}=\frac{W_1+W}{N}E+\frac{1}{W_1W_4}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{\left\{W_4^2\frac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}^2}{M^2\left\{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}\right\}}Ee^{-at^{(15)}}. \tag{297}$$

Die oberen (unteren) n-Werthe in der Formel (296) hören mit dem unteren (oberen) Zeichen in der Ungleichung (274) zusammen.

Schliesslich hat man für die Minima von i_3:

$$t^{(16)}=\left(2n+\frac{\iota}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=0,\ 1,\ 2\cdots) \tag{298}$$

$$(i_3)_{\min}=\frac{W_1+W}{N}E-\frac{1}{W_1W_4}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{\left\{W_4^2\frac{L}{C}-W_1^2(W_2+W_4)^2\right\}^2}{M^2\left\{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}\right\}}Ee^{-at^{(16)}}. \tag{299}$$

19. **Die Periode T als Function von W, W_2, W_3, C und L.** Es ist

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{N}{M}\frac{1}{LC}\left\{1 - \frac{1}{4}\frac{(W_1+W_3+W_4)^2}{MN}\frac{C}{L}\left[\frac{L}{C} + \frac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\right]^2\right\}. \tag{300}$$

Zur Untersuchung der Functionalabhängigkeiten werden die folgenden partiellen Ableitungen gebildet:

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W} = \frac{W_1+W_3+W_4}{2L^2M}\left\{\frac{L}{C} - \frac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\right\}, \tag{301}$$

$$\begin{aligned} 4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W_2} = \frac{W_1+W_3+W_4}{2L^2M^3}\Big\{&(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L^2}{C^2} - (MN+2W_1^2W_4^2)\frac{L}{C} \\ &- W_1^2 W_4^2 \frac{MN - W_1^2 W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\Big\}, \end{aligned} \tag{302}$$

$$\begin{aligned} 4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial W_3} = \frac{W_1+W_3+W_4}{2L^2M^3}\Big\{&W_4^2\frac{L^2}{C^2} + \frac{W_1^2(M-2W_4^2)(W_2+W_4) - MW_4^2(W_1+W)}{W_1+W_3+W_4}\frac{L}{C} \\ &- \frac{W_1^2(W_2+W_4)^2(MN - W_1^2W_4^2)}{(W_1+W_3+W_4)^2}\Big\}, \end{aligned} \tag{303}$$

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial C} = -\frac{1}{2}\frac{(W_1+W_3+W_4)^2}{M^2LC^2}\left\{\frac{L}{C} - \frac{MN + W_1^2W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2}\right\}, \tag{304}$$

$$4\pi^2 \frac{\partial\left(\frac{1}{T^2}\right)}{\partial L} = -\frac{1}{2}\frac{MN + W_1^2W_4^2}{M^2L^3}\left\{\frac{L}{C} - \frac{(MN - W_1^2W_4^2)^2}{(W_1+W_3+W_4)^2(MN + W_1^2W_4^2)}\right\}. \tag{305}$$

Die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W wird Null, wenn

$$\frac{L}{C} = \frac{MN - W_1^2W_4^2}{(W_1+W_3+W_4)^2} \tag{306}$$

ist. Der Werth (306) von $\frac{L}{C}$ liegt innerhalb des Intervalles für periodische Ladung (p. 235, Formel (30)). Er ist nämlich das geometrische Mittel der beiden Werthe von $\frac{L}{C}$ an den Intervallgrenzen. Für W berechnet man aus (306) den folgenden Werth:

$$W = \frac{1}{M}\left\{(W_1+W_3+W_4)\frac{L}{C} - W_1(W_2W_3 + W_2W_4 + W_3W_4)\right\}. \tag{307}$$

Wenn dieser Werth positiv ist, so erreicht T mit veränderlichem W einen kleinsten Werth, und zwar hat man

$$T_{\min} = 2\pi \frac{M}{W_1 W_4} \sqrt{LC}. \tag{308}$$

Als Bedingung hierfür gilt also

$$(W_1 + W_3 + W_4) \frac{L}{C} > (W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) W_1. \tag{309}$$

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so wächst T immer mit wachsendem W.

Indem man die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W_2 gleich Null setzt, erhält man die Gl.

$$\begin{aligned}(W_1 + W_3 + W_4)^4 \frac{L^2}{C^2} - (MN + 2W_1^2 W_4^2)(W_1 + W_3 + W_4)^2 \frac{L}{C} \\ - W_1^2 W_4^2 (MN - W_1^2 W_4^2) = 0.\end{aligned} \tag{310}$$

Diese Gl. hat in Bezug auf $\frac{L}{C}$ zwei Wurzeln, welche beide reel sind, die eine positiv, die andere negativ. Für die positive Wurzel ergiebt sich

$$2(W_1 + W_3 + W_4)^2 \frac{L}{C} = MN + 2W_1^2 W_4^2 + \sqrt{(MN + 2W_1^2 W_4^2)^2 + 4W_1^2 W_4^2 (MN + W_1^2 W_4^2)}. \tag{311}$$

Diese Wurzel liegt innerhalb des Intervalles für periodische Ladung, denn setzt man in der Gl. (310) die untere Intervallgrenze

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left(\frac{L}{C}\right)^{(u)} = \left\{\sqrt{MN} - W_1 W_4\right\}^2 \tag{312}$$

ein, so wird das linke Glied negativ, gleich

$$2W_1 W_4 MN \left\{W_1 W_4 - \sqrt{MN}\right\}, \tag{313}$$

setzt man dagegen die obere Intervallgrenze

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left(\frac{L}{C}\right)^{(o)} = \left\{\sqrt{MN} + W_1 W_4\right\}^2 \tag{314}$$

ein, so bekommt man links den positiven Ausdruck

$$2W_1 W_4 MN \left\{W_1 W_4 + \sqrt{MN}\right\}. \tag{315}$$

Indem die Gl. (310) in Bezug auf W_2 aufgelöst wird, ergiebt sich

$$W_2 = \frac{(W_1 + W_3 + W_4)^3 \frac{L^2}{C^2} - W_4 \left\{N(W_1 + W_3) + 2W_1^2 W_4\right\}(W_1 + W_3 + W_4) \frac{L}{C} - W_1^2 W_4^3 (WW_1 + WW_3 + W_1 W_3)}{\left\{(W_1 + W_3 + W_4)^2 \frac{L}{C} + W_1^2 W_4^2\right\} N}. \tag{316}$$

Vorausgesetzt, dass dieser Werth positiv ist, so nimmt T, indem W_2 sich verändert und den obigen Werth erreicht, ein Minimum an, von der Grösse

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{(W_1 + W_3 + W_4)^2 \frac{L}{C} - W_1^2 W_4^2}{W_1 W_4 N}} \sqrt{LC}. \tag{317}$$

Wenn der Werth (316) von W_2 negativ ist, so nimmt T mit wachsendem W_2 beständig zu.

Setzt man die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf W_3 gleich Null, so erhält man die Gl.

$$W_4^2 \left(\frac{L}{C}\right)^2 + \frac{M\left\{W_1^2(W_2+W_4) - W_4^2(W_1+W)\right\} - 2W_1^2 W_4^2 (W_2+W)}{W_1+W_3+W_4} \frac{L}{C} - \frac{W_1^2 (W_2+W_4)^2 (MN - W_1^2 W_4^2)}{(W_1+W_3+W_4)^2} = 0. \tag{318}$$

Diese Gl. hat in Bezug auf $\frac{L}{C}$ zwei reelle Wurzeln, von welchen die eine positiv, die andere negativ ist. Die positive Wurzel liegt innerhalb der Intervallgrenzen $\left(\frac{L}{C}\right)^{(u)}$ und $\left(\frac{L}{C}\right)^{(o)}$. Man zeigt dies in ähnlicher Weise wie bei der Untersuchung von T als Function von W_2. Setzt man nämlich links in der Gl. (318) den unteren Grenzwerth von $\frac{L}{C}$ ein, so erhält man die negative Grösse

$$-2\frac{W_1 W_4 M}{(W_1+W_3+W_4)^4}\left(\sqrt{MN} - W_1 W_4\right)\left(W_1\sqrt{M} + W_4\sqrt{N}\right)^2, \tag{319}$$

setzt man dagegen den oberen Grenzwerth von $\frac{L}{C}$ ein, so erhält man die positive Grösse

$$2\frac{W_1 W_4 M}{(W_1+W_3+W_4)^4}\left(\sqrt{MN} + W_1 W_4\right)\left(W_1\sqrt{M} - W_4\sqrt{N}\right)^2. \tag{320}$$

Durch Auflösung der Gl. (318) in Bezug auf W_3 folgt

$$W_3 = \frac{-(W_1+W_4)W_4^2 \frac{L^2}{C^2} + A\frac{L}{C} + W_1^2(W_2+W_4)^2\left\{W_2 W_4 (W_1+W) + W W_1 (W_2+W_4)\right\}}{W_4^2 \frac{L^2}{C^2} + (W_2+W_4)\left\{W_1^2(W_2+W_4) - W_4^2(W_1+W)\right\}\frac{L}{C} - W_1^2(W_1+W)(W_2+W_4)^3}, \tag{321}$$

worin

$$A = \left\{W_4^2(W_1+W) - W_1^2(W_2+W_4)\right\}(W_1 W_2 + W_1 W_4 + W_2 W_4) + 2W_1^2 W_4^2 (W_2+W_4) \tag{322}$$

gesetzt worden ist.

Wenn der Werth (321) von W_3 positiv ist, so nimmt T mit veränderlichem W_3 zuerst ab, erreicht für den Werth (321) einen kleinsten Werth und nimmt alsdann mit wachsendem W_3 zu. Die Berechnung des Minimiwerthes von T mag unterbleiben.

Wenn der Werth (321) negativ ist, so nimmt T mit wachsendem W_3 immer zu.

Die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf C, gleich Null gesetzt, giebt

$$\frac{L}{C} = \frac{MN + W_1^2 W_4^2}{(W_1 + W_3 + W_4)^2}. \tag{323}$$

Dieser Werth von $\frac{L}{C}$ liegt innerhalb der Intervallgrenzen, indem ja für diese selbst

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \frac{L}{C} = MN + W_1^2 W_4^2 \mp 2 W_1 W_4 \sqrt{MN} \tag{324}$$

ist. Mit wachsendem C erreicht T für den aus der Gl. (323) hervorgehenden Werth

$$C = \frac{(W_1 + W_3 + W_4)^2 L}{MN + W_1^2 W_4^2} \tag{325}$$

das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{N}} \frac{W_1 + W_3 + W_4}{W_4} \frac{L}{W_1}. \tag{326}$$

Setzt man schliesslich die Ableitung von $\frac{1}{T^2}$ in Bezug auf L gleich Null, so erhält man

$$\frac{L}{C} = \frac{(MN - W_1^2 W_4^2)^2}{(W_1 + W_3 + W_4)^2 (MN + W_1^2 W_4^2)}. \tag{327}$$

Es ist

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left\{ \frac{L}{C} - \left(\frac{L}{C}\right)^{(o)} \right\} = \frac{2 W_1 W_4 \sqrt{MN} \left\{ \sqrt{MN} - W_1 W_4 \right\}^2}{MN + W_1^2 W_4^2} \tag{328}$$

positiv, und

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left\{ \left(\frac{L}{C}\right)^{(o)} - \frac{L}{C} \right\} = \frac{2 W_1 W_4 \sqrt{MN} \left\{ \sqrt{MN} + W_1 W_4 \right\}^2}{MN + W_1^2 W_4^2} \tag{329}$$

ebenfalls positiv, und somit liegt der Werth (327) innerhalb der Intervallgrenzen für periodische Ladung. Dem Werthe

$$L = \frac{(MN - W_1^2 W_4^2)^2}{(W_1 + W_3 + W_4)^2 (MN + W_1^2 W_4^2)} C \tag{330}$$

entspricht das Minimum

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{N}} \frac{MN - W_1^2 W_4^2}{W_1 W_4 (W_1 + W_3 + W_4)} C. \tag{331}$$

20. **Das Decrement α als Function von W, W_2, W_3, C und L.** Wenn man die Bezeichnung

$$R=\frac{1}{2}\frac{1}{(W_1+W_3+W_4)\sqrt{MN}}\left\{(MN-W_1^2W_4^2)\sqrt{\frac{C}{L}}+(W_1+W_3+W_4)^2\sqrt{\frac{L}{C}}\right\} \tag{332}$$

anwendet, so hat man nach der Formel (225) p. 266

$$\alpha=\pi\frac{R}{\sqrt{1-R^2}}. \tag{333}$$

Hieraus folgt

$$\frac{\partial\alpha}{\partial R}=\frac{\pi}{2}\frac{1}{(1-R^2)^{\frac{3}{2}}}, \tag{334}$$

und man braucht nur die Ableitungen von R in Bezug auf die Widerstände, C und L zu bilden. Diese sind

$$\frac{\partial R}{\partial W}=\frac{1}{4}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}}{M^{\frac{1}{2}}N^{\frac{3}{2}}}\left\{MN+W_1^2W_4^2-(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}\right\}, \tag{335}$$

$$\frac{\partial R}{\partial W_2}=\frac{1}{4}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}}{N^{\frac{1}{2}}M^{\frac{3}{2}}}\left\{MN+W_1^2W_4^2-(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}\right\}, \tag{336}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial R}{\partial W_3}=\frac{1}{4}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}}{(W_1+W_3+W_4)^2}\frac{1}{(MN)^{\frac{3}{2}}}\Big\{&(MW_1^2+NW_4^2)\left[MN+W_1^2W_4^2-(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}\right]\\&+4W_1^2W_4^2MN\Big\},\end{aligned} \tag{337}$$

$$\frac{\partial R}{\partial\left(\sqrt{\frac{L}{C}}\right)}=\frac{1}{2}\frac{C}{L}\frac{1}{(W_1+W_3+W_4)\sqrt{MN}}\left\{(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}+W_1^2W_4^2-MN\right\}. \tag{338}$$

Setzt man die Ableitungen von R in Bezug auf W oder W_2 gleich Null, so erhält man

$$(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}=MN+W_1^2W_4^2 \tag{339}$$

und befindet sich somit innerhalb des Intervalles für periodische Ladung (siehe Formel (323) p. 278). Die entsprechenden Werthe von W und W_2 sind

$$W=\frac{(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C}-W_1\left\{(W_1+W_3+W_4)(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)+2W_1W_4^2\right\}}{(W_1+W_3+W_4)M}, \tag{340}$$

$$(341)\quad W_2 = \frac{(W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C} - W_4\left\{(W_1+W_3+W_4)(WW_1+WW_3+W_1W_3)+2W_4W_1^2\right\}}{(W_1+W_3+W_4)N},$$

und geben, vorausgesetzt dass sie positive Werthe bekommen, das Minimum

$$(342)\quad \alpha_{\min} = \pi\frac{\sqrt{MN}}{W_1W_4}.$$

Wenn ein Minimum von α in Bezug auf W oder W_2 nicht existirt, so wächst α stets mit wachsendem Widerstande.

Die Gl.

$$\frac{\partial R}{\partial W_3} = 0$$

hat die Wurzel

$$(343)\quad (W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C} = MN + W_1^2W_4^2 + \frac{4W_1^2W_4^2MN}{MW_1^2+NW_4^2}.$$

Dieser Werth von $\frac{L}{C}$ liegt innerhalb der Intervallgrenzen, wie die beiden Gl.

$$(344)\quad \begin{cases} (W_1+W_3+W_4)^2\left\{\frac{L}{C}-\left(\frac{L}{C}\right)^{(\alpha)}\right\} = \frac{2W_1W_4\left(W_1\sqrt{M}+W_4\sqrt{N}\right)^2}{MW_1^2+NW_4^2}\sqrt{MN}, \\ (W_1+W_3+W_4)^2\left\{\frac{L}{C}-\left(\frac{L}{C}\right)^{(0)}\right\} = -\frac{2W_1W_4\left(W_1\sqrt{M}-W_4\sqrt{N}\right)^2}{MW_1^2+NW_4^2}\sqrt{MN} \end{cases}$$

unmittelbar zeigen.

Die Gl. (343) löst man am einfachsten in Bezug auf $W_1+W_3+W_4$ statt in Bezug auf W_3 und erhält dabei

$$(345)\quad W_1+W_3+W_4 = \frac{W_1^4(W_2+W_4)^2 + W_4^4(W_1+W)^2 - 2W_1^2W_4^2\frac{L}{C}}{\left\{W_1^2(W_2+W_4)+W_4^2(W_1+W)\right\}\left\{(W_1+W)(W_2+W_4)-\frac{L}{C}\right\}}$$

woraus der Werth von W_3 unmittelbar hervorgeht. Wenn der aus der Formel (345) hervorgehende Werth von W_3 positiv ist, so nimmt α mit wachsendem W_3 zuerst ab, erreicht für den die Gl. (345) befriedigenden Werth ein Minimum, dessen Berechnung unterlassen werden möge, und wächst dann beständig mit W_3. Wenn es keinen kleinsten Werth von α giebt, so wachsen W_3 und α immer gleichzeitig.

Setzt man die Ableitung von R in Bezug auf $\sqrt{\frac{L}{C}}$ gleich Null, so erhält man

$$(346)\quad (W_1+W_3+W_4)^2\frac{L}{C} = MN - W_1^2W_4^2$$

und befindet sich in dem Intervalle für periodische Ladung, wie ja die Gl.

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left\{ \frac{L}{C} - \left(\frac{L}{C}\right)^{(a)} \right\} = 2 W_1 W_4 \left(\sqrt{MN} - W_1 W_4 \right), \tag{347}$$

$$(W_1 + W_3 + W_4)^2 \left\{ \left(\frac{L}{C}\right)^{(o)} - \frac{L}{C} \right\} = 2 W_1 W_4 \left(\sqrt{MN} + W_1 W_4 \right) \tag{348}$$

zeigen (Vergl. Formel (306), p. 275). Der entsprechende Werth des Decrementes ist

$$\alpha_{\min} = \pi \frac{\sqrt{MN} - W_1^2 W_4^2}{W_1 W_4}. \tag{349}$$

Das Decrement α nimmt mit wachsendem L oder wachsendem C zuerst ab, bis zu dem Werthe (349), und wächst alsdann fortwährend.

IX. Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator, dem mit Selbstinduktion versehenen Theile der Strombahn und der Stromquelle E.

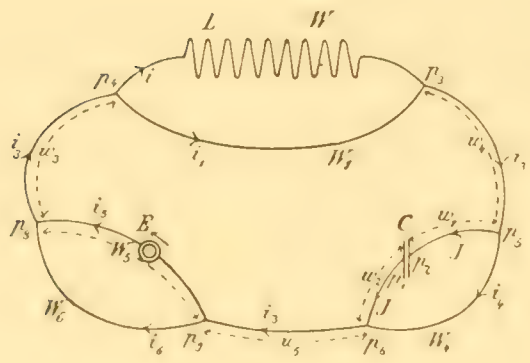


Fig. 38.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Wenn die Anordnung die in der Fig. 38 dargestellte ist, wobei C, L und E mit den Nebenschlüssen W_4, W_1 und W_6 versehen sind, so zeigt man einfach, dass die Behandlung der Aufgabe der Ladung des Condensators auf die im Abschn. VIII geführte Untersuchung zurückführbar ist. Es sollen folgende Bezeichnungen gebraucht werden:

$$\Pi = p_2 - p_1; \quad P = p_3 - p_4; \quad Q = p_5 - p_6; \quad R = p_7 - p_8. \tag{1}$$

$$w_3 + w_4 + w_5 = W_3; \quad w_1 + w_2 = W_2. \tag{2}$$

Alsdann erhält man ähnlich wie im Abschn. VIII

$$\left|\begin{array}{l} P + L\frac{di}{dt} + iW = 0, \\ P + i_1 W_1 = 0, \\ P - Q - R = i_3 W_3, \\ R + E = i_5 W_5, \\ R = i_6 W_6, \\ Q - \Pi = J W_2, \\ Q = i_4 W_4, \\ i_3 = i + i_1 = J + i_4 - i_5 + i_6, \\ J = C\frac{d\Pi}{dt}. \end{array}\right. \tag{3}$$

Setzt man noch

$$W_3' = W_3 + \frac{W_5 W_6}{W_5 + W_6}, \tag{4}$$

$$E' = \frac{W_6}{W_5 + W_6} E, \tag{5}$$

so lässt sich das obige System in die beiden folgenden spalten:

$$\left\{\begin{aligned} &P + L\frac{di}{dt} + iW = 0,\\ &P + i_1 W_1 = 0,\\ &P - Q + E' = i_3 W_3',\\ &Q - \Pi = J W_2,\\ &Q = i_4 W_4,\\ &i_3 = i + i_1 - J = i_4,\\ &J = C\frac{d\Pi}{dt}. \end{aligned}\right. \tag{6}$$

$$\left\{\begin{aligned} i_5 &= \frac{1}{W_5 + W_6}(W_6 i_3 + E),\\ i_6 &= \frac{1}{W_5 + W_6}(W_5 i_3 - E),\\ R &= \frac{W_6}{W_5 + W_6}(W_5 i_3 - E). \end{aligned}\right. \tag{7}$$

Das erstere dieser Systeme stimmt völlig mit dem Systeme (4) im Art. 1, Abschn. VIII p. 231 überein, das letztere giebt einen einfachen Zusammenhang zwischen i und den Grössen i_5, i_6 und R. Die Aufgabe braucht somit keine besondere ausführliche Behandlung.

Π genügt der Differentialgleichung

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\left[W + \frac{W_1}{M'}(W_2 W_3' + W_2 W_4 + W_3' W_4)\right]\frac{1}{L} + \frac{W_1 + W_3' + W_4}{M'}\frac{1}{C}\right\}\frac{d\Pi}{dt}$$

$$+ \frac{N'}{M'}\frac{1}{LC}\Pi = \frac{W_4(W_1 + W)}{M'}\frac{1}{LC}E, \tag{8}$$

wobei

$$\left\{\begin{aligned} M' &= (W_1 + W_3')(W_2 + W_4) + W_2 W_4,\\ N' &= (W_1 + W)(W_3' + W_4) + W W_1 \end{aligned}\right. \tag{9}$$

sind.

Mit den Bezeichnungen

$$(10)\quad \begin{cases} M=(W_5+W_6)\,M'=\big[(W_1+W_3)(W_5+W_6)+W_5W_6\big](W_2+W_4)+W_2W_4(W_5+W_6), \\ N=(W_5+W_6)\,N'=(W_1+W)\big[(W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6\big]+WW_1(W_5+W_6) \end{cases}$$

hat man in ausgeführter Form die Diff.-Gl.

$$(11)\quad \frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left\{\frac{MN-W_1^2W_4^2(W_5+W_6)^2}{M\{(W_1+W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6\}}\frac{1}{L}+\frac{(W_1+W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6}{M}\frac{1}{C}\right\}\frac{d\Pi}{dt}$$
$$+\frac{N}{M}\frac{\Pi}{LC}=\frac{W_4(W_1+W)(W_5+W_6)}{M}\frac{E}{LC}.$$

Für P, Q, R und die Stromstärken erhält man die folgenden Ausdrücke mittels Π und $\frac{d\Pi}{dt}$.

$$(12)\quad \begin{cases} (W_5+W_6)\,P=-W_6E+\dfrac{(W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6}{W_4}\Pi \\ \qquad\qquad +\dfrac{(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)(W_5+W_6)+(W_2+W_4)W_5W_6}{W_4}C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ Q=\Pi+W_2C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ R=\dfrac{W_6}{W_4(W_5+W_6)}\left\{W_5\Pi+W_5(W_2+W_4)C\dfrac{d\Pi}{dt}-W_4E\right\}, \\ i=\dfrac{1}{W_1W_4(W_5+W_6)}\left\{-W_4W_6E+\big[(W_1+W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6\big]\Pi+MC\dfrac{d\Pi}{dt}\right\}, \\ i_1=\dfrac{1}{W_1W_4(W_5+W_6)}\left\{W_4W_6E-\big[(W_3+W_4)(W_5+W_6)+W_5W_6\big]\Pi\right. \\ \qquad\qquad \left.-\big[(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)(W_5+W_6)+(W_2+W_4)W_5W_6\big]C\dfrac{d\Pi}{dt}\right\}, \\ J=C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i_3=\dfrac{1}{W_4}\left\{\Pi+(W_2+W_4)C\dfrac{d\Pi}{dt}\right\}, \\ i_4=\dfrac{1}{W_4}\left\{\Pi+W_2C\dfrac{d\Pi}{dt}\right\}, \\ i_5=\dfrac{1}{W_4(W_5+W_6)}\left\{W_6\Pi+W_6(W_2+W_4)C\dfrac{d\Pi}{dt}+W_4E\right\}, \\ i_6=\dfrac{1}{W_4(W_5+W_6)}\left\{-W_4E+W_5\Pi+W_5(W_2+W_4)C\dfrac{d\Pi}{dt}\right\}. \end{cases}$$

Der Gesammtwiderstand der Strombahn von dem einen Condensatorpol zum anderen beträgt

$$W_g = \frac{MN - W_1^2 W_4^2 (W_5 + W_6)^2}{N\{(W_1 + W_3 + W_4)(W_5 + W_6) + W_5 W_6\}}. \tag{13}$$

Um mit den Anfangsbedingungen im Art. 2, VIII übereinstimmende Anfangsbedingungen zu bekommen, sollen für die erste Wahl die Condensatorpole mit einem Widerstande w verbunden sein, welcher zur Zeit $t = 0$ gebrochen wird, und für die zweite Wahl der Bahnzweig mit dem Widerstande W_3 zuerst offen gehalten und dann zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen werden.

2. **Charakter der Ladung.** Um die Bedingungen für den einen oder anderen Charakter der Ladung zu bekommen, braucht man nur W_3 in den Ausdrücken im Art. 3, VIII mit

$$W_3' = W_3 + \frac{W_5 W_6}{W_5 + W_6} \tag{14}$$

zu ersetzen. Mit Anwendung der Bezeichnungen (10) findet man dabei, dass die Ladung aperiodisch, von dem Typus (A) oder (B) ist, je nachdem die eine der Ungleichheiten

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < \frac{\sqrt{MN - W_1 W_4 (W_5 + W_6)}}{(W_1 + W_3 + W_4)(W_5 + W_6) + W_5 W_6} \tag{15}$$ (A)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > \frac{\sqrt{MN + W_1 W_4 (W_5 + W_6)}}{(W_1 + W_3 + W_4)(W_5 + W_6) + W_5 W_6} \tag{16}$$ (B)

erfüllt ist. Die Ladung ist periodisch, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ zwischen den beiden obigen Grenzen liegt. Ein Uebergangsfall kommt vor, wenn $\sqrt{\frac{L}{C}}$ gleich einem Grenzwerthe ist.

Wir unterlassen es, die Bedingungen für aperiodischen oder periodischen Charakter der Ladung in Bezug auf die Widerstände aufzulösen.

X. Anordnung mit mehreren Capacitäten in Serienschaltung.

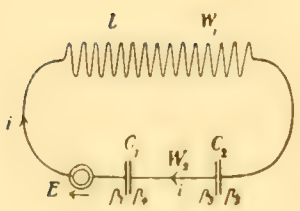


Fig. 39.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die Anordnung sei die in der Fig. 39 veranschaulichte, wobei zwei Condensatoren nach einander in den (unverzweigten) Stromkreis eingeschaltet sind. Es sei zu irgend einer Zeit t_1 die Differenz zwischen den in demselben Sinne gerechneten Ladungen der beiden Condensatoren

$$\begin{cases} Q_1 = C_1(p_4 - p_1) = C_1\Pi_1, \\ Q_2 = C_2(p_2 - p_3) = C_2\Pi_2 \end{cases} \tag{1}$$

gleich A, also

$$C_1\Pi_1 - C_2\Pi_2 = A. \tag{2}$$

In dem Zeitraume von t_1 zu einer beliebigen Zeit t_2 vergrössert sich die Ladung beider Condensatoren mit demselben Betrage

$$\int_{t_1}^{t_2} i\,dt.$$

und bleibt folglich die Differenz $Q_1 - Q_2$ constant, gleich A. Es soll in diesem Abschnitt überall vorausgesetzt werden, dass $A = 0$ ist. Dies trifft immer ein, wenn die beiden Condensatoren ungeladen waren, als der Stromkreis gebaut wurde, und beide gleichzeitig entladen werden. Alsdann haben beide Condensatoren stets dieselbe Ladung

$$Q = Q_1 = Q_2 = C_1\Pi_1 = C_2\Pi_2. \tag{3}$$

Entladet man den einen Condensator durch ein Galvanometer oder entladet man das ganze System in der Weise, dass man die Belegungen p_1 und p_2 mit den Galvanometerpolen verbindet, so wird die Menge Q gemessen.

Es möge jetzt die Differentialgleichung für Q aufgestellt werden und zwar unter der Voraussetzung, dass der Bahntheil mit dem Widerstande W_2 induktionsfrei ist.

Setzt man

$$W_1 + W_2 = W, \tag{4}$$

so erhält man unmittelbar für den geschlossenen Stromkreis

$$E - \Pi_1 - \Pi_2 - L\frac{di}{dt} = iW,$$

und ferner hieraus mittels der Gleichungen

$$\Pi_1 = \frac{Q}{C_1}; \quad \Pi_2 = \frac{Q}{C_2};$$

$$i = \frac{dQ}{dt}, \tag{5}$$

$$L\frac{d^2Q}{dt^2} + W\frac{dQ}{dt} + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}Q = E,$$

oder

$$\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{W}{L}\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{L}\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}Q = \frac{E}{L}, \tag{6}$$

welches die gesuchte Differentialgleichung ist.

Multiplicirt man die Diff.-Gl. (9) im Art. 2, I p. 12 mit C und setzt

$$Q = CE,$$

wobei also Q die Ladung des Condensators ist, so erhält man

$$\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{W}{L}\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{LC} = \frac{E}{L}. \tag{7}$$

Die Differentialgleichungen (6) und (7) stimmen völlig mit einander überein, wenn

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \tag{8}$$

genommen wird. Hieraus geht also hervor, dass die beiden nach einander geschalteten Condensatoren mit den Capacitäten C_1 und C_2 wie ein einziger Condensator mit der Capacität $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ sich verhalten. Man kann dieses Resultat praktisch benutzen, um aus gegebenen Capacitäten eine kleinere Capacität herzustellen.

Mit drei nach einander geschalteten Condensatoren mit den Capacitäten C_1, C_2, C_3 ergiebt sich die resultirende Capacität

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3}. \tag{9}$$

Für die weitere Behandlung der in diesem Art. betrachteten Aufgabe bedient man sich des Abschnittes I. Es mögen nur noch die Anfangsbedingungen aufgestellt werden.

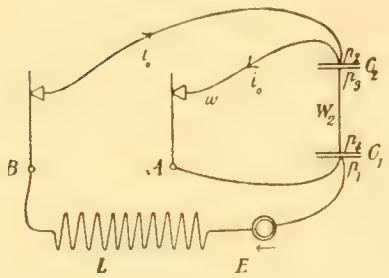


Fig. 40.

2. **Anfangsbedingungen.** Man erhält eine erste Art von Anfangsbedingungen, indem man die Condensatorpole mit den Potentialen p_1 und p_2 mit einem Widerstande w verbindet und diesen zur Zeit $t=0$ bricht (Fig. 40). In dem ursprünglichen stationären Zustande hat man dann

$$p_3 = p_4,$$

$$p_2 - p_1 = \Pi_1 + \Pi_2 - wi_0 = \frac{w}{W_1 + w} E.$$

und berechnet mit Hinzuziehung der Gleichung

$$C_1 \Pi_1 = C_2 \Pi_2,$$

die Condensatorpotentiale

$$\Pi_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \frac{w}{W_1 + w} E; \quad \Pi_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \frac{w}{W_1 + w} E.$$

sowie die Anfangsladung

$$Q_0 = \frac{w}{W_1 + w} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E. \tag{10}$$

In dem stationären Endzustande ist die Ladung gleich $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E$. Ferner hat man für $t=0$

$$\frac{dQ}{dt} = i_0 = \frac{E}{W_1 + w}. \tag{11}$$

Die Vertheilung des Widerstandes W in W_1 und W_2 übt nur auf den Anfangszustand einen Einfluss aus.

Eine zweite Art von Anfangsbedingungen ergiebt sich, wenn man mit Anwendung der in Fig. 39 veranschaulichten Anordnung das eine der Bahnstücke mit den Widerständen W_1 oder W_2 zuerst offen hält und zur Zeit $t=0$ plötzlich schliesst. Es sind dann die Anfangsladungen der Condensatoren gleich Null, also $Q_0 = 0$, und die Anfangsstromstärke ebenfalls gleich Null, $i_0 = 0$, somit $\frac{dQ}{dt} = 0$ für $t=0$.

Je nach der ersten oder zweiten Art von Anfangsbedingungen werden für die weitere Behandlung der Aufgabe die Art. 6, 10 und 14 oder die Art. 7, 11 und 15 im Abschn. I benutzt.

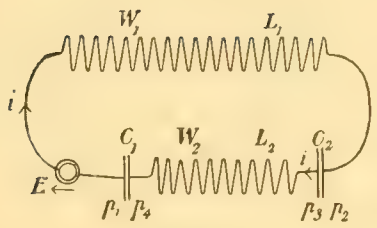


Fig. 41.

3. **Selbstinduktion in beiden Bahnstücken.** Es soll jetzt angenommen werden, dass den beiden Bahnstücken, mit den Widerständen W_1 und W_2, Selbstinduktion zukommt, und zwar seien die Selbstinduktionscoefficienten bez. L_1 und L_2. (Fig. 41.) Man bekommt dann

$$p_1 - p_2 + E - L_1 \frac{di}{dt} = i W_1 ,$$

$$p_3 - p_4 - L_2 \frac{di}{dt} = i W_2 ,$$

und nach Addition dieser Gleichungen und Einführung der Condensatorpotentiale

(12) $$E - \Pi_1 - \Pi_2 - (L_1 + L_2) \frac{di}{dt} = i W .$$

Ferner ist

(13) $$i = C_1 \frac{d\Pi_1}{dt} = C_2 \frac{d\Pi_2}{dt} = \frac{dQ}{dt}$$

(14) $$Q = C_1 \Pi_1 = C_2 \Pi_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} (\Pi_1 + \Pi_2) ,$$

und die Gl. (12) giebt mit Benutzung der Gl. (13) und (14) die Diff.-Gl. der Ladung

$$(L_1 + L_2) \frac{d^2 Q}{dt^2} + W \frac{dQ}{dt} + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} Q = E ,$$

oder

(15) $$\frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{W}{L_1 + L_2} \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{L_1 + L_2} \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} Q = \frac{E}{L_1 + L_2} .$$

Setzt man hier

(16) $$L_1 + L_2 = L ,$$

(17) $$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = C ,$$

so wird die Gl. (15) mit der Gl. (7) p. 287 identisch, und man kommt zu denjenigen Formeln zurück, welche für einen unverzweigten Stromkreis mit einem einzigen Condensator gelten.

Die Selbstinduktionscoefficienten der beiden Bahntheile summiren sich somit: die beiden Capacitäten geben wie früher zusammen die Capacität $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

Würde zwischen den beiden Bahnstücken mit den Selbstinduktionscoefficienten L_1 und L_2 bez. noch eine gegenseitige Induktion mit dem Coefficienten M stattfinden, so würde man einen resultirenden Selbstinduktionscoefficienten $L_1 + L_2 \pm 2M$ erlangen, wobei das Zeichen + oder — zu nehmen ist, je nachdem die Spulen L_1 und L_2 so gestellt sind, dass der Strom in beiden in demselben Sinne oder in entgegengesetztem Sinne läuft.

XI. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in beiden Zweigen.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Es soll jetzt die in der Fig. 42 veranschaulichte Anordnung betrachtet werden, wobei der Stromkreis in zwei Zweige gespaltet ist, welche beide Selbstinduktion enthalten. Vorläufig soll angenommen werden, dass die beiden Zweige keine gegenseitige Induktion auf einander ausüben. Alsdann ergiebt sich mit den Bezeichnungen in der Figur folgendes System von Gleichungen:

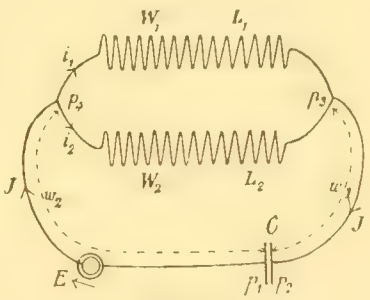


Fig. 42.

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &p_4 - p_3 - L_1\frac{di_1}{dt} = i_1 W_1,\\ &p_4 - p_3 - L_2\frac{di_2}{dt} = i_2 W_2,\\ &p_1 - p_4 + E = J w_2,\\ &p_3 - p_2 = J w_1,\\ &J = i_1 + i_2 = C\frac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{aligned}\right.$$

Zur Abkürzung wird

$$(2)\qquad p_2 - p_1 = \Pi;\quad p_3 - p_4 = P;$$

$$(3)\qquad w_1 + w_2 = W$$

gesetzt. Dann folgt

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} &P + L_1\frac{di_1}{dt} + i_1 W_1 = 0,\\ &P + L_2\frac{di_2}{dt} + i_2 W_2 = 0,\\ &P - \Pi + E = J W,\\ &J = i_1 + i_2 = C\frac{d\Pi}{dt}. \end{aligned}\right.$$

Indem man P zuerst eliminirt, erhält man beim Einsetzen des Ausdruckes

$$P = \Pi - E + W(i_1 + i_2) \tag{5}$$

in die beiden ersten Gleichungen und durch Auflösung in Bezug auf $\frac{di_1}{dt}$, $\frac{di_2}{dt}$, die Gl.

$$\begin{cases} \frac{di_1}{dt} = -\frac{1}{L_1}\{\Pi - E + i_1(W + W_1) + i_2 W\}, \\ \frac{di_2}{dt} = -\frac{1}{L_2}\{\Pi - E + i_1 W + i_2(W + W_2)\}. \end{cases} \tag{6}$$

Setzt man diese Ausdrücke in die Gl.

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2}$$

ein, combinirt die entstehende Gl. mit der Gl.

$$i_1 + i_2 = C\frac{d\Pi}{dt}, \tag{7}$$

und löst in Bezug auf i_1 und i_2 auf, wobei die Bedingung

$$W_1 L_2 - W_2 L_1 \gtrless 0 \tag{8}$$

erfüllt sein muss, so findet man

$$\begin{cases} (W_2 L_1 - W_1 L_2) i_1 = L_1 L_2 C\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \{(W + W_2) L_1 + W L_2\} C\frac{d\Pi}{dt} + (L_1 + L_2)(\Pi - E), \\ -(W_2 L_1 - W_1 L_2) i_2 = L_1 L_2 C\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \{(W + W_1) L_2 + W L_1\} C\frac{d\Pi}{dt} + (L_1 + L_2)(\Pi - E). \end{cases} \tag{9}$$

Durch Einsetzen der Werthe von i_1, i_2, $\frac{di_1}{dt}$, $\frac{di_2}{dt}$ in eine der ersten Gl. (4) ergiebt sich für Π die Diff.-Gl. dritter Ordnung

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\frac{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2}{L_1 L_2} + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\right\}\frac{d\Pi}{dt}$$
$$\frac{W_1 + W_2}{C L_1 L_2}\Pi = \frac{W_1 - W_2}{C L_1 L_2} E. \tag{10}$$

Aus dieser Gleichung geht die Gleichung (5) p. 52 hervor, wenn man $L_1 = 0$ setzt, L_2 mit L ersetzt und W, W_2 gegen einander tauscht, wie es ja sein muss.

Wenn die Relation

$$W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0 \tag{11}$$

besteht, so genügt Π einer Differentialgleichung zweiter Ordnung, welche sich einfach dadurch ergiebt, dass man das rechte Glied in einer der Gl. (9) gleich Null setzt. Alsdann bekommt man mit Beachtung von (11)

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}\right)\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\frac{(\Pi - E)}{C} = 0. \tag{12}$$

Indem diese Gl. mit der Gl. (9), Art. 2, Abschn. I p. 12 verglichen wird, erhellt, *dass in diesem speciellen Falle, was das Potential Π und die Stromstärke J betrifft, die verzweigte Strombahn mit einer einfachen Strombahn ersetzt werden kann,* deren Selbstinduktionscoefficient

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \tag{13}$$

und Widerstand

$$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \tag{14}$$

sind. Die Vertheilung von J in die beiden Theile i_1 und i_2 erhält man durch Integration der Gl. (6), p. 292. Es ergiebt sich, indem die letztere von der ersteren abgezogen wird, nachdem die Coefficienten $\frac{1}{L_1}$ und $\frac{1}{L_2}$ zuerst weg multiplicirt wurden,

$$L_1 \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} = i_2 W_2 - i_1 W_1. \tag{15}$$

Jetzt ist aber

$$\frac{L_1}{W_1} = \frac{L_2}{W_2} = \frac{1}{k}, \tag{16}$$

somit folgt

$$W_1 \frac{di_1}{dt} - W_2 \frac{di_2}{dt} + k(W_1 i_1 - W_2 i_2) = 0 \tag{17}$$

und nach Integration

$$W_1 i_1 - W_2 i_2 = A e^{-kt}. \tag{18}$$

Die Constante A hängt von den Anfangsbedingungen ab. Wenn der Anfangszustand ein stationärer Zustand ist, bei welchem

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{W_2}{W_1} \tag{19}$$

ist, oder wenn i_1 und i_2 für $t = 0$ beide gleich Null sind, so erhält man

(20) $$A = 0$$

und

(21) $$W_1 i_1 - W_2 i_2 = 0,$$

d. h. *die Stromvertheilung ist dieselbe wie im stationären Zustande:*

(22) $$i_1 = \frac{W_2}{W_1 + W_2} J; \quad i_2 = \frac{W_1}{W_1 + W_2} J.$$

Der Fall, in welchem die Bedingung (11) p. 293 erfüllt ist, ist hiermit erledigt, und wir kehren zu dem allgemeinen Falle zurück, in welchem die Diff.-Gl. (10) besteht.

2. **Anfangsbedingungen.** Indem man die Condensatorpole mit einem Widerstande w verbindet und diesen zur Zeit $t = 0$ bricht, erhält man die Anfangsbedingungen erster Art. Es ist dabei, wie man einfach berechnet, für $t = 0$,

(23)
$$\begin{cases} \Pi = \Pi_0 = \dfrac{w}{W + w} \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} E = \dfrac{w}{W_g + w} E, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E}{C\left\{W + w + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}\right\}} = \dfrac{E}{(W_g + w)\, C}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\left(\dfrac{1}{L_1} + \dfrac{1}{L_2}\right) \dfrac{J_0}{C^2}. \end{cases}$$

(24)
$$\begin{cases} J = J_0 = \dfrac{E}{W + w + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}} = \dfrac{E}{W_g + w}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = 0. \end{cases}$$

(25)
$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \end{cases}$$

(26)
$$\begin{cases} i_2 = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0. \end{cases}$$

Es fängt somit stets die Π-Curve mit einem Inflexionspunkte an.

Eine zweite Art von Anfangsbedingungen erhält man, indem die Strombahn, wie sie Fig. 42 darstellt, innerhalb des Bahnstückes mit dem Widerstande W irgendwo gebrochen ist, und zur Zeit $t=0$ plötzlich hergestellt wird. Alsdann sind die anfänglichen Stromstärken gleich Null, und man berechnet, für $t=0$, die Werthe

$$(27)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} E, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{W(L_1+L_2)^2 + W_1 L_2^2 + W_2 L_1^2}{L_1^2 L_2^2} \dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

$$(28)\qquad \begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} E. \end{cases}$$

$$(29)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L_1}, \end{cases}$$

$$(30)\qquad \begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{L_2}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Minimum an.

Multiplicirt man die Gl. (15) mit dt und integrirt zwischen den Grenzen $t=0$ und $t=\infty$, so erhält man, indem man zugleich beachtet, dass für die zuletzt betrachtete Wahl von Anfangsbedingungen die Stromstärken i_1 und i_2 sowohl für $t=0$ als für $t=\infty$ Null sind,

$$(31)\qquad W_1 \int_0^\infty i_1 dt - W_2 \int_0^\infty i_2 dt = 0.$$

Diese Gl. giebt an, dass die totalen, durch die beiden Zweige während der Ladungszeit geflossenen Elektricitätsmengen sich umgekehrt wie die Widerstände dieser Zweige verhalten, unabhängig von dem Charakter der Ladung.

3. **Beziehungen zwischen Ladung und Entladung.** Zwischen dem Ladungs- und dem Entladungsvorgange besteht derjenige Zusammenhang, welcher im Art. 3, II für den Fall näher untersucht wurde, dass nur der eine Zweig Selbstinduktion enthält. Eine neue Auslegung des Zusammenhanges ist also jetzt nicht erforderlich, und es genügt, den Ladungsvorgang allein zu untersuchen.

4. **Charakter der Ladung.** Das allgemeine Integral der Diff.-Gl. (10) hat die Form

$$\Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E, \tag{32}$$

wobei F, G und H Constanten bezeichnen, und λ_1, λ_2, λ_3 die Wurzeln der Gleichung dritten Grades

$$r^3 - \left\{\frac{W+W_1}{L_1} + \frac{W+W_2}{L_2}\right\} r^2 + \left\{\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2} + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right)\right\} r - \frac{W_1+W_2}{CL_1L_2} = 0 \tag{33}$$

sind. Zur Abkürzung werde

$$\begin{cases} A = \dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W+W_2}{L_2}, \\ B = \dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2} + \dfrac{1}{C}\left(\dfrac{1}{L_1}+\dfrac{1}{L_2}\right), \\ C = \dfrac{W_1+W_2}{CL_1L_2} \end{cases} \tag{34}$$

gesetzt. Alsdann ist die Gleichung dritten Grades

$$r^3 - Ar^2 + Br - C = 0, \tag{35}$$

und ihre Discriminante [1])

$$D = A^2B^2 + 18ABC - 4B^3 - 4A^3C - 27C^2. \tag{36}$$

Der Charakter der Ladung hängt von der Beschaffenheit der Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3 ab. Hierfür ist wieder bekanntlich das Zeichen der Discriminante D bestimmend.

Es werde zuerst angenommen, dass $D > 0$ ist. Dann haben die drei Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3 reelle Werthe. In der Gl. (33) giebt es drei Zeichenwechsel und keine Zeichenfolge. Nach dem Satze von Descartes sind also die drei Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3 alle positiv. Die Gl. (32) giebt alsdann für $t = \infty$ $\Pi = E$, wie es ja

[1]) Zur Hülfe bei den algebraischen Discussionen benutze man z. B. H. Webers Lehrbuch der Algebra, Th. I.

sein muss. Es soll der Ladungsvorgang in diesem Falle als aperiodisch bezeichnet werden. Ferner werden die Wurzeln λ_1, λ_2, λ_3 künftig so geordnet, dass immer

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0 \tag{37}$$

ist. Es bestehen die Relationen

$$\left\{\begin{aligned} &\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3 = \frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2},\\ &\lambda_1\lambda_2+\lambda_2\lambda_3+\lambda_3\lambda_1 = \frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right),\\ &\lambda_1\lambda_2\lambda_3 = \frac{W_1+W_2}{CL_1L_2}. \end{aligned}\right. \tag{38}$$

Es werde jetzt angenommen, dass $D<0$ ist. Alsdann hat die Gl. (33) eine reelle und zwei conjugirte imaginäre Wurzeln, welche am besten mit λ, $a+i\beta$ und $a-i\beta$ bez. bezeichnet werden. Die Lösung der Diff.-Gl. (10) bekommt dann die Form

$$\Pi = Fe^{-\lambda t}+e^{-at}\{G\cos\beta t+H\sin\beta t\}+E, \tag{39}$$

worin F, G und H reelle Constanten sind. Man hat in diesem Falle

$$\left\{\begin{aligned} &\lambda+2a = \frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2},\\ &B = 2a\lambda+a^2+\beta^2 = \frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right),\\ &\lambda(a^2+\beta^2) = \frac{W_1+W_2}{CL_1L_2}. \end{aligned}\right. \tag{40}$$

Die letzte Formel zeigt, dass λ positiv ist. Indem man die dritte Gl. von dem Product der beiden ersten Gl. abzieht, erhält man

$$\begin{aligned} 2a(\lambda^2+B) = {}& \frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}\left\{\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right\}+\\ &+\frac{1}{C}\left\{\frac{W+W_1}{L_1^2}+\frac{2W}{L_1L_2}+\frac{W+W_2}{L_2^2}\right\}. \end{aligned} \tag{41}$$

und es geht hervor, dass die Grösse a positiv ist.

Weil λ und a beide positiv sind, so giebt die Gl. (39) für $t=\infty$ $\Pi=E$, wie es sein muss. Der Ladungsvorgang möge in dem jetzt betrachteten Falle periodisch genannt werden.

Uebergangsfälle kommen vor, wenn die Discriminante D gleich Null ist. Es sind dann die drei Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3 alle reel und zwei der Wurzeln einander

gleich. Bezeichnet man die beiden gleichen Wurzeln mit λ, die dritte Wurzel mit λ', so hat man als allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (10) in diesem Falle

$$\Pi = Fe^{-\lambda t} + e^{-\lambda' t}(G + Ht) + E. \tag{42}$$

Weil λ und λ' positiv sind, so ergiebt sich $\Pi = E$ für $t = \infty$.

Damit alle drei Wurzeln einander gleich seien, müssen die Relationen

$$\begin{cases} A^2 - 3B = 0, \\ B^2 - 3AC = 0 \end{cases} \tag{43}$$

auf ein Mal bestehen. Die dreifache Wurzel ist dann

$$\lambda = \frac{A}{3} = \frac{1}{3}\left\{\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right\}, \tag{44}$$

somit positiv, und die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (10)

$$\Pi = e^{-\lambda t}\left\{F + Gt + Ht^2\right\} + E. \tag{45}$$

Für $t = \infty$ folgt $\Pi = E$.

Es muss noch der ziemlich complicirte Ausdruck für die Discriminante D angeführt werden. Wenn man nach Potenzen der reciproken Capacität ordnet, so erhält man

$$D = K_0 + \frac{K_1}{C} + \frac{K_2}{C^2} + \frac{K_3}{C^3}, \tag{46}$$

worin

$$K_0 = \left\{\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1L_2}\right\}^2 \left\{\left[\frac{W + W_1}{L_1} - \frac{W + W_2}{L_2}\right]^2 + 4\frac{W^2}{L_1L_2}\right\}, \tag{47}$$

$$\begin{aligned} K_1 = {} & 6\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1^2L_2^2}\left\{\frac{(W + W_1)(W_1 + W_2) + 2W_1^2}{L_1} + \frac{(W + W_2)(W_1 + W_2) + 2W_2^2}{L_2}\right\} \\ & - \frac{2}{L_1L_2}\left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)^2 \left\{\frac{(W + W_1)(W_1 + W_2) + W_1^2}{L_1} + \frac{(W + W_2)(W_1 + W_2) + W_2^2}{L_2}\right\}, \end{aligned} \tag{48}$$

$$\begin{aligned} K_2 = {} & 4\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)^2 \left\{\left(\frac{W + W_1}{L_1} - \frac{W + W_2}{L_2}\right)^2 + \frac{(W + W_1)(W + W_2) + 3W^2}{L_1L_2}\right\} \\ & - 3\left\{\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right) - 3\frac{W_1 + W_2}{L_1L_2}\right\}^2, \end{aligned} \tag{49}$$

$$K_3 = -4\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)^3 \tag{50}$$

ist. K_0 hat immer einen positiven, K_3 einen negativen Werth.

Die Discriminante D gleich Null gesetzt, giebt in Bezug auf C die Gleichung dritten Grades

(51) $$K_0 C^3 + K_1 C^2 + K_2 C + K_3 = 0 .$$

Von reellen Wurzeln besitzt diese Gleichung nur eine Wurzel oder drei Wurzeln, je nachdem ihre Discriminante

(52) $$\Delta = K_1^2 K_2^2 + 18 K_0 K_1 K_2 K_3 - 4 K_0 K_2^3 - 4 K_1^3 K_3 - 27 K_0^2 K_3^2$$

negativ oder positiv ist. Wenn die Discriminante Δ negativ ist, so ist die Wurzel C_0 immer positiv, weil das mit K_0 multiplicirte Product der Wurzeln gleich $-K_3$ ist, dasselbe Zeichen wie C_0 hat und K_3 jetzt negativ ist. Man hat aperiodische Ladung für Werthe von C, welche grösser als C_0 sind, und periodische Ladung für Werthe von C, welche kleiner als C_0 sind, indem ja für sehr grosse Werthe von C D positiv und für sehr kleine Werthe von C D negativ ist.

Es sei jetzt die Discriminante Δ positiv. Dann hat die Gl. (51) die drei reellen Wurzeln C_1, C_2 und C_3. Bekanntlich ist bei positiver Discriminante die Anzahl der positiven Wurzeln der cubischen Gleichung gleich der Anzahl der Zeichenwechsel der Coefficienten der Gleichung. Die Anzahl der Zeichenwechsel hängt hier von den Zeichen von K_1 und K_2 ab. Sind beide positiv, so hat man einen Zeichenwechsel, ebenso wenn beide negativ sind. Ist K_1 positiv, K_2 negativ, so giebt es auch nur einen Zeichenwechsel; ist schliesslich K_1 negativ, K_2 positiv, so kommen überall drei Zeichenwechsel vor. Es giebt somit entweder eine positive Wurzel, sie sei C_1, oder drei positive Wurzeln, deren Reihenfolge

(53) $$C_1 > C_2 > C_3 > 0$$

sein möge. Wenn C_1 die einzige positive Wurzel ist, so hat man für

(54) $$C > C_1$$

aperiodische und für

(55) $$C < C_1$$

periodische Ladung. Giebt es dagegen drei positive Wurzeln, so ist die Ladung aperiodisch für

(56) $$C > C_1 \text{ und } C_2 > C > C_3 ,$$

und periodisch für

(57) $$C_1 > C > C_2 \text{ und } C_3 > C > 0 .$$

Eine allgemeine Berechnung der Wurzelwerthe für C hätte wenig Nutzen, weil die Ausdrücke sehr lang werden und nicht mehr zu überschauen sind. Es wird deshalb am besten in jedem speciellen Falle numerisch vorgegangen.

Eine nähere Betrachtung der Gl.

$$D = 0 \tag{58}$$

zeigt, dass sie sich als eine Gleichung vierten Grades in Bezug auf je eine der Grössen

$$\frac{L_1}{C},\ \frac{L_2}{C},\ W,\ W_1,\ W_2 \tag{59}$$

ordnen lässt. In Bezug auf jede dieser Grössen hat die Gleichung $D = 0$ entweder keine reelle Wurzel, zwei oder vier reelle Wurzeln. Diese Wurzeln ergeben, falls sie positiv sind, Intervalle, in welchen die Ladung entweder einen aperiodischen oder einen periodischen Charakter hat, je nachdem der Werth von D positiv oder negativ ist. Eine ebenso ausführliche Discussion wie die oben in Bezug auf C geführte wäre jetzt kaum durchführbar. Wir verzichten deshalb darauf und werden nur einige besondere Resultate hervorheben.

Es sei W genügend gross, damit dasjenige Glied in D, welches die höchste Potenz von W enthält, d. h. das in K_0 vorkommende Glied

$$\frac{(L_1 + L_2)^2}{(L_1 L_2)^4} (W_1 + W_2)^2 W^4 \tag{60}$$

das Zeichen von D bestimme. Es ist dann D sicher für diesen Werth von W und für grössere Werthe positiv und man erhält den Satz: *Bei einem genügend grossen Widerstande W ist die Ladung aperiodisch.*

Ferner seien W, W_1 und W_2 so klein, dass das von den Widerständen unabhängige Glied in D das Zeichen von D bestimme. Dieses Glied ist $\frac{K_3}{C^3}$ und negativ. Also folgt: *Wenn sämmtliche Widerstände genügend klein sind, so ist die Ladung periodisch.*

Die beiden letzten Resultate sind ziemlich selbstverständlich.

Nimmt man W_2 sehr gross, so erhält man

$$\frac{L_2^4}{W_2^4} K_0 = \left(\frac{W_1 + W}{L_1}\right)^2 + \varepsilon_1,$$

$$\frac{L_2^4}{W_2^4} K_1 = -\frac{4}{L_1} + \varepsilon_2,$$

$$\frac{L_2^4}{W_2^4} K_2 = \varepsilon_3,$$

$$\frac{L_2^4}{W_2^4} K_3 = \varepsilon_4.$$

worin ε_1, ε_2, ε_3 und ε_4 kleine Correctionsglieder sind. Setzt man diese Glieder gleich Null, was der Annahme $W_2 = \infty$ entspricht, so giebt die Ungleichheit $D > 0$

$$(W_1 + W)^2 - 4\frac{L_1}{C} > 0,$$

d. h.

$$W_1 + W > 2\sqrt{\frac{L_1}{C}},$$

und die Ungleichheit $D < 0$

$$W_1 + W < 2\sqrt{\frac{L_1}{C}}.$$

Der Stromkreis ist unverzweigt, und der Ladungsvorgang aperiodisch bei genügend grossem Widerstande $W_1 + W$ und periodisch bei genügend kleinem Widerstande $W_1 + W$, in voller Uebereinstimmung mit den im Abschnitt I dargestellten sehr bekannten Resultaten.

Ist W_2 genügend gross, ohne gleich ∞ zu sein, so ergiebt sich ebenfalls aperiodische Ladung für grössere Werthe von $W_1 + W$ und periodische Ladung bei kleineren Werthen von $W_1 + W$.

Setzt man voraus, dass L_1 im Verhältniss zu $L_2 = L$ sehr klein ist, so bekommt man

$$(61)\quad \begin{cases} L_1^4 L^2 K_0 = (W + W_1)^2 \{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2\}^2 + \varepsilon_1, \\ L_1^4 L^2 K_1 = -2(W + W_1)^2 \{(W_1 + W)(W_1 + W_2) + W_1^2\} L + \varepsilon_2, \\ L_1^4 L^2 K_2 = (W + W_1)^2 L^2 + \varepsilon_3, \\ L_1^4 L^2 K_3 = \varepsilon_4, \end{cases}$$

wobei ε_1, ε_2, ε_3 und ε_4 wieder kleine Correctionsglieder bezeichnen. Werden diese Glieder gleich Null gesetzt, was der Annahme $L_1 = 0$ entspricht, so erhält die Gl.

$$(58)\qquad D = 0$$

die Form

$$(62)\qquad \left(\frac{L}{C}\right)^2 - 2\{(W_1 + W)(W_1 + W_2) + W_1^2\}\frac{L}{C} + (W W_1 + W W_2 + W_1 W_2)^2 = 0$$

und hat die beiden positiven Wurzeln

$$(63)\qquad \frac{L}{C} = \{\sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \mp W_1\}^2.$$

Zwischen beiden Wurzeln liegt periodische, ausserhalb derselben aperiodische Ladung. Man ist hier auf den im Abschn. II untersuchten Fall zurückgekommen.

Wenn L_1 nicht $=0$, sondern nur genügend klein im Verhältniss zu L ist, so ergeben sich fortwährend zwei positive Wurzeln $\frac{L}{C}$, und die Ladung ist in derselben Weise wie im Grenzfalle charakterisirt.

5. **Formeln für die aperiodische Ladung; bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discriminante D ist positiv, die Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3 sind ungleich, reel und positiv und folgen der Grösse nach in der Ordnung

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0 \tag{37}$$

auf einander. Die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (10) hat die Form (32)

$$\Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E, \tag{32}$$

worin F, G und H reelle Constanten bezeichnen. Diese sollen so bestimmt werden, dass Π und die beiden ersten Ableitungen von Π die in (23) angesetzten Werthe bekommen. Es folgt aus (32) durch Differentiation

$$\begin{cases} \frac{d\Pi}{dt} = -\left\{F\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + G\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + H\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \frac{d^2\Pi}{dt^2} = F\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t} + G\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t} + H\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t}, \end{cases} \tag{64}$$

und man erhält zur Constantenbestimmung, indem man noch

$$W_g = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \tag{65}$$

einführt, das System

$$\begin{cases} F + G + H = \Pi_0 - E = W_g J_0, \\ F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = -\frac{J_0}{C}, \\ F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = 0 \end{cases} \tag{66}$$

Die Determinante der Coefficienten von F, G und H ist

$$\begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \lambda_1, & \lambda_2, & \lambda_3 \\ \lambda_1^2, & \lambda_2^2, & \lambda_3^2 \end{vmatrix} = (\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_1) = -\sqrt{D}. \tag{67}$$

Bei der Auflösung ergiebt sich

$$(68)\qquad \begin{cases} F=\dfrac{W_g J_0}{\sqrt{D}}\left\{\dfrac{\lambda_2+\lambda_3}{W_g C}-\lambda_2\lambda_3\right\}(\lambda_2-\lambda_3), \\ G=\dfrac{W_g J_0}{\sqrt{D}}\left\{\dfrac{\lambda_3+\lambda_1}{W_g C}-\lambda_3\lambda_1\right\}(\lambda_3-\lambda_1), \\ H=\dfrac{W_g J_0}{\sqrt{D}}\left\{\dfrac{\lambda_1+\lambda_2}{W_g C}-\lambda_1\lambda_2\right\}(\lambda_1-\lambda_2). \end{cases}$$

und weiter, mit Anwendung der Beziehungen (38)

$$(69)\qquad \begin{cases} F=\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{C^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}, \\ G=\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{C^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}, \\ H=\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{C^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}. \end{cases}$$

Indem diese Werthe in den Ausdruck (32) eingesetzt werden, erhält man

$$(70)\qquad \begin{aligned} \Pi-\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\Big\{&\left[\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t}+\left[\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t} \\ &+\left[\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t}\Big\}+E. \end{aligned}$$

woraus ferner folgt:

$$(71)\qquad \begin{cases} J=C\dfrac{d\Pi}{dt}=-\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left[\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}\right. \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\left.+\left[\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left[\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}\right. \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\left.+\left[\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Zur Bestimmung der Stromstärke i_1 berechnet man aus der ersten Formel (9) durch Einsetzung der Werthe von $\Pi-E$, $\frac{d\Pi}{dt}$ und $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ sowie mit Anwendung der Relationen (38)

$$(72)\qquad \frac{\sqrt{D}}{J_0}\frac{C L_1 L_2}{L_1+L_2}(W_2L_1-W_1L_2)\,i_1 =$$

$$= \left\{W_1L_2\lambda_1^2-(W_1+W_2)\,W_g\lambda_1+\frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^3}e^{-\lambda_1 t}+$$

$$+\left\{W_1L_2\lambda_2^2-(W_1+W_2)\,W_g\lambda_2+\frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^3}e^{-\lambda_2 t}+$$

$$+\left\{W_1L_2\lambda_3^2-(W_1+W_2)\,W_g\lambda_3+\frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^3}e^{-\lambda_3 t}.$$

Wenn man in jedem Terme des rechten Gliedes die zwei ersten Factoren aufmultiplicirt und die Gl. (33) benutzt, so hebt sich ein Factor $W_2L_1-W_1L_2$ weg und man erhält die Ausdrücke

$$(73)\qquad -\frac{\sqrt{D}}{J_0}C L_1 i_1=\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t},$$

ferner durch Differentiation hieraus

$$(74)\qquad \begin{cases} \dfrac{\sqrt{D}}{J_0}C L_1\dfrac{di_1}{dt}=\left(\lambda_1-\dfrac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\dfrac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}, \\ -\dfrac{\sqrt{D}}{J_0}C L_1\dfrac{d^2i_1}{dt^2}=\left(\lambda_1-\dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} \\ \qquad\qquad +\left(\lambda_3-\dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}. \end{cases}$$

Einfacher wäre man zu denselben Ausdrücken gelangt, indem man für i_1 die Form

$$(75)\qquad i_1=F_1e^{-\lambda_1 t}+G_1e^{-\lambda_2 t}+H_1e^{-\lambda_3 t}$$

genommen hätte und die Constanten den Anfangsbedingungen für $t=0$

$$(76)\qquad \begin{cases} i_1=\dfrac{W_2}{W_1+W_2}J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt}=0, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2}=-\dfrac{J_0}{L_1C} \end{cases}$$

gemäss bestimmt hätte.

Für i_2 folgt jetzt durch Vertauschen von L_1 und L_2, W_1 und W_2 gegen einander,

$$(77)\quad \begin{cases} -\frac{\sqrt{D}}{J_0} C L_2 i_2 = \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t}, \\ \frac{\sqrt{D}}{J_0} C L_2 \frac{di_2}{dt} = \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2) e^{-\lambda_3 t}, \\ -\frac{\sqrt{D}}{J_0} C L_2 \frac{d^2 i_2}{dt^2} = \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2) e^{-\lambda_3 t}. \end{cases}$$

Sämmtliche Grössen Π, J, i_1 und i_2 werden graphisch durch Curven dargestellt, welche durch Addition von drei Exponentialcurven entstehen.

6. **Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Zuerst soll gezeigt werden, dass $\frac{d\Pi}{dt}$ zwischen den Grenzen $t=0$ und $t=\infty$ entweder gar nicht oder höchstens ein Mal gleich Null wird.

Weil $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ für $t=0$ gleich Null ist, so muss wenigstens eine der Grössen

$$(78)\qquad \left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3);\quad \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1);\quad \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)$$

positiv und eine negativ sein. Es werde gesetzt

$$(79)\quad \begin{cases} \text{(a)} & \left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1} = \pm\varepsilon h^2, \\ \text{(b)} & \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2} = \pm\varepsilon k^2, \\ \text{(c)} & \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3} = +\varepsilon l^2, \end{cases}$$

worin h^2, k^2 und l^2 positive Grössen bezeichnen, entweder $\varepsilon=+1$ oder $\varepsilon=-1$ zu nehmen ist, die oberen Zeichen einerseits oder die unteren Zeichen andererseits aber nicht zusammengehören. Wir nehmen zuerst an, dass den Ausdrücken (b) und (c) das entgegengesetzte Zeichen zu jenem des Ausdruckes (a) zukommt. Alsdann enthält $\frac{d\Pi}{dt}$ den Faktor

$$(80)\qquad h^2 e^{-\lambda_1 t} - \left(k^2 e^{-\lambda_2 t} + l^2 e^{-\lambda_3 t}\right)$$

und es ist

$$h^2\lambda_1 = k^2\lambda_2 + l^2\lambda_3,$$

folglich

$$(81)\qquad h^2 < k^2 + l^2.$$

Für $t=0$ ist die Grösse (80) negativ, für $t=\infty$ ist sie gleich Null. Multiplicirt man sie mit dem positiven Factor $e^{\lambda_1 t}$, so erhält man die Grösse

$$h^2 - \left\{ h^2 e^{(\lambda_1-\lambda_2)t} + l^2 e^{(\lambda_1-\lambda_3)t} \right\}, \tag{82}$$

welche ebenfalls für $t=0$ negativ ist, und mit wachsendem t immer abnimmt. Es bleibt folglich die Grösse (80) für alle positiven endlichen Werthe von t negativ, und $\frac{d\Pi}{dt}$ wird gar nicht gleich Null.

Nimmt man ferner an, dass die Ausdrücke (a) und (b) ein gegen den Ausdruck (c) verschiedenes Zeichen haben, so folgt daraus, dass

$$h^2 e^{-(\lambda_1-\lambda_3)t} + k^2 e^{-(\lambda_2-\lambda_3)t} - l^2 \tag{83}$$

für positive Werthe von t immer negativ bleibt, dass die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt} = 0 \tag{84}$$

auch jetzt keine endliche positive Wurzel besitzt.

Es bleibt jetzt nur die Annahme übrig, dass die Ausdrücke (a) und (c) ein gegen den Ausdruck (b) verschiedenes Vorzeichen besitzen. Dann enthält $\frac{d\Pi}{dt}$ den Factor

$$\begin{aligned} &k^2 e^{-\lambda_2 t} - \left\{ h^2 e^{-\lambda_1 t} + l^2 e^{-\lambda_3 t} \right\} = \\ &= e^{-\lambda_2 t} \left\{ \frac{\lambda_1}{\lambda_2} h^2 + \frac{\lambda_3}{\lambda_2} l^2 - h^2 e^{-(\lambda_1-\lambda_2)t} - l^2 e^{(\lambda_2-\lambda_3)t} \right\}. \end{aligned} \tag{85}$$

Es werde gesetzt

$$f(t) = \lambda_1 h^2 + \lambda_3 l^2 - \lambda_2 \left\{ h^2 e^{-(\lambda_1-\lambda_2)t} + l^2 e^{(\lambda_2-\lambda_3)t} \right\}. \tag{86}$$

Die Function $f(t)$ hat ebensoviele endliche positive Wurzeln wie $\frac{d\Pi}{dt}$. Es ist

$$\frac{1}{\lambda_2} f'(t) = h^2(\lambda_1-\lambda_2) e^{-(\lambda_1-\lambda_2)t} - l^2(\lambda_2-\lambda_3) e^{(\lambda_2-\lambda_3)t}. \tag{87}$$

Mit der Annahme

$$\frac{h^2(\lambda_1-\lambda_2)}{l^2(\lambda_2-\lambda_3)} > 1 \tag{88}$$

ist der Anfangswerth von $f'(t)$, d. h. $f'(0)$ positiv, und $f'(t)$ wird gleich Null für einen positiven Werth von t. Dann wächst $f(t)$ von dem positiven Anfangswerthe an zu einem Maximum und nimmt nachher fortwährend ab, bis zu dem schliesslichen Werthe $-\infty$, wobei es natürlich ein Mal durch Null geht.

Wäre dagegen

$$\frac{h^2(\lambda_1-\lambda_2)}{l^2(\lambda_2-\lambda_3)}<1, \tag{89}$$

so würde $f(t)$ von einem negativen Anfangswerthe an bis $-\infty$ abnehmen, ohne durch Null zu gehen.

Als Zusammenfassung des obigen gilt: Es besitzt $\frac{d\Pi}{dt}$ eine positive Wurzel, wenn die Grössen

$$\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2};\quad \lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2};\quad \lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2} \tag{90 (d)}$$

entweder alle positiv sind oder alle negativ sind, und wenn ausserdem die Bedingung

$$\left|\lambda_3\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\right|>\left|\lambda_1\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\right| \tag{91}$$

erfüllt ist. Diese Bedingungen sind, wie man unmittelbar sieht, nur in dem Falle mit einander vereinbar, dass die Grössen (d) positiv sind. Hieraus bekommt man folgendes Endergebniss:

$\frac{d\Pi}{dt}$ besitzt dann und nur dann eine positive endliche Wurzel, wenn die drei Ausdrücke (d) positiv sind.

Es soll der Fall, in welchem die Grössen (d) alle positiv sind, als Fall (B) bezeichnet werden, der Fall, in welchem sie nicht alle positiv sind, als Fall (A) bezeichnet werden. Es ist somit im Falle

$$\lambda_3<\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}, \tag{92 (A)}$$

$$\lambda_3>\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}. \tag{93 (B)}$$

Die im Falle (B) existirende Wurzel t_3 der Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0 \tag{94}$$

bestimmt sich aus der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0. \tag{95}$$

In ähnlicher Weise wie es für $\frac{d\Pi}{dt}$ ausgeführt wurde, beweist man, dass $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ nur dann eine endliche positive Wurzel besitzt, wenn die Ausdrücke (d) alle positiv sind. Diese Wurzel werde mit t_4 bezeichnet. Sie genügt der Gl.

$$(96)\quad \left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0\,.$$

Als Grenze zwischen den Fällen (A) und (B) hat man

$$(97)\qquad (C)\qquad \lambda_3=\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\,.$$

Wenn die Gl. (33) überhaupt eine Wurzel

$$(98)\qquad \lambda=\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

besitzt, so besteht, wie man einfach verificirt, die Relation (11)

$$(11)\qquad \frac{L_1}{L_2}=\frac{W_1}{W_2}\,,$$

und umgekehrt. Dann ist auch

$$(99)\qquad \lambda=\frac{W_1}{L_1}=\frac{W_2}{L_2}$$

und in den Ausdrücken für Π, J, i_1 und i_2 fällt ein Term weg, so dass sie alle Differentialgleichungen der zweiten Ordnung genügen, z. B. Π der Diff.-Gl. (12). Die beiden übrigen Wurzeln λ' und λ'' gehören der Gl.

$$(100)\qquad r^2-\left(W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\right)\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right)r+\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right)\frac{1}{C}=0$$

an, und es ist folglich

$$(101)\qquad \begin{cases} \lambda'+\lambda''=\left(W+\dfrac{W_1W_2}{W_1+W_2}\right)\left(\dfrac{1}{L_1}+\dfrac{1}{L_2}\right)=\dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{W_2L_1}\,, \\ \lambda'\lambda''=\left(\dfrac{1}{L_1}+\dfrac{1}{L_2}\right)\dfrac{1}{C}=\dfrac{W_1+W_2}{W_2}\,\dfrac{1}{L_1C}\,. \end{cases}$$

Die Bedingung für die Realität der Wurzeln λ' und λ'' ist

$$(102)\qquad W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}>2\sqrt{\frac{L_1L_2}{C(L_1+L_2)}}\,.$$

Indem man die Wurzeln λ' und λ'' berechnet und dabei $\lambda'-\lambda''$ positiv nimmt, zeigt man ohne Mühe, dass λ die grösste Wurzel ist, d. h.

$$(103)\qquad \lambda=\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}>\lambda'>\lambda''>0$$

und somit

$$(104)\qquad \lambda=\lambda_1\,,\quad \lambda'=\lambda_2\,,\quad \lambda''=\lambda_3\,,$$

falls die Bedingungen

(105)
$$\begin{cases} \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2} < \dfrac{1}{CW}, \\ W(W_1+W_2) < W_1 W_2 \end{cases}$$

erfüllt sind, ferner dass λ die kleinste Wurzel ist, d. h.

(106)
$$\lambda' > \lambda'' > \lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2} > 0$$

und

(107)
$$\lambda' = \lambda_1, \quad \lambda'' = \lambda_2, \quad \lambda = \lambda_3,$$

falls die Bedingungen

(108)
$$\begin{cases} \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2} < \dfrac{1}{CW}, \\ W(W_1+W_2) > W_1 W_2 \end{cases}$$

erfüllt werden, und schliesslich, dass λ die mittlere Wurzel ist, somit

(109)
$$\lambda' > \lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2} > \lambda'' > 0$$

und

(110)
$$\lambda' = \lambda_1, \quad \lambda = \lambda_2, \quad \lambda'' = \lambda_3,$$

falls die Ungleichheit

(111)
$$\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2} > \frac{1}{CW}$$

besteht.

Für die Discussion einer der Stromstärken i_1 und i_2 hat man genau dieselben Hülfsmittel zu verwenden, wie für die Discussion von $\frac{d\Pi}{dt}$. Man kommt auch zu einem ganz ähnlichen Resultate, nämlich dass die Gl.

$$\frac{di_1}{dt} = 0,$$

d. h.

(112)
$$\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t} = 0$$

dann und nur dann eine endliche positive Wurzel t_{12} hat, wenn die drei Grössen

(113)
$$\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}, \quad \lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}, \quad \lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}$$

alle positiv sind, somit

(114)
$$\lambda_3 > \frac{W_2}{L_2}$$

ist. Hat man dagegen

(115)
$$\lambda_3 < \frac{W_2}{L_2}$$

so giebt es keine solche Wurzel.

Die Grösse $\frac{di_1}{dt}$ ist Null für $t=0$ und für $t=\infty$. Ist die Ungleichheit (115) erfüllt, so besitzt $\frac{di_1}{dt}$ zwischen $t=0$ und $t=\infty$ einen extremen Werth, folglich die Gl.

$$\frac{d^2 i_1}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{116}$$

eine positive endliche Wurzel t_{11}. Wird die Ungleichheit (114) erfüllt, so hat $\frac{di_1}{dt}$ zwischen $t=0$ und $t=\infty$ ein Maximum und ein Minimum, und die Gl. (116) besitzt zwei endliche positive Wurzeln t_{11} und t_{13}. Man hat dabei

$$0<t_{11}<t_{12}<t_{13}<\infty. \tag{117}$$

Ganz ähnliches gilt in Bezug auf i_2. Es hat die Gl.

$$\frac{di_2}{dt}=0$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{118}$$

keine positive endliche Wurzel, falls

$$\lambda_3<\frac{W_1}{L_1} \tag{119}$$

ist, und eine solche Wurzel t_{22}, falls

$$\lambda_3>\frac{W_1}{L_1} \tag{120}$$

ist. Wenn die Bedingung (119) erfüllt wird, so besitzt die Gl.

$$\frac{d^2 i_2}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{121}$$

eine positive endliche Wurzel t_{21}. Dagegen hat sie zwei solche Wurzeln t_{21} und t_{23}, falls die Ungleichheit (120) befriedigt wird. Es ist

$$0<t_{21}<t_{22}<t_{23}<\infty. \tag{122}$$

7. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.**

a) *Das Potential Π und die Stromstärke J.* Nach dem auf p. 307 gefundenen besitzt $\frac{d\Pi}{dt}$ in dem Falle (A), zu dessen Charakterisirung die Ungleichheit

(88) (A) $$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$$

dient, keine positive endliche Wurzel. $\frac{d\Pi}{dt}$ ist positiv für $t = 0$, und zwar gleich $\frac{J_0}{C}$, und bleibt somit positiv zwischen $t = 0$ und $t = \infty$. Folglich wächst Π beständig mit t, von dem Werthe Π_0 für $t = 0$ bis zu dem Werthe E, für $t = \infty$. Die Π-Curve beginnt, wie im Art. 2 erwähnt, mit einem Inflexionspunkte und kein zweiter Inflexionspunkt kommt vor.

Die Stromstärke J nimmt von dem Anfangswerthe

(115) $$J_0 = \frac{E - \Pi_0}{W_1}$$

zu dem schliesslichen Werthe Null beständig ab und ändert somit nicht ihren Sinn. Im Anfang liegt ein Maximum der J-Curve.

b) *Die Stromstärken i_1 und i_2, und die induktionselektromotorischen Kräfte $-L_1\frac{di_1}{dt}$ und $-L_2\frac{di_2}{dt}$.* Man bemerke zuerst, dass die Ungleichheiten

(123) $$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} > \frac{W_2}{L_2}$$

zusammengehören und ebenso die Ungleichheiten

(124) $$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} < \frac{W_2}{L_2}$$

zusammengehören. In dem Falle (A) ist deshalb entweder

(125) $$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 < \frac{W_1}{L_1};\ \lambda_3 \gtrless \frac{W_2}{L_2},$$

oder

(126) $$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 < \frac{W_2}{L_2};\ \lambda_3 \gtrless \frac{W_1}{L_1}.$$

Nehmen wir zuerst an, dass

$$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2}$$

ist. Die Stromstärke i_2 wird alsdann von dem Anfangswerthe $\frac{W_1}{W_1+W_2}J_0$ an beständig abnehmen, bis zu Null, für $t=\infty$. Der Angfangswerth ist ein Maximum. Die Stromstärke i_1 verhält sich verschieden, je nachdem

$$\lambda_3 < \frac{W_2}{L_2} \tag{127}$$

oder

$$\lambda_3 > \frac{W_2}{L_2} \tag{128}$$

ist. Bei Erfülltsein der Ungleichheit (127) wird auch i_1 beständig abnehmen, und zwar von dem Maximum $\frac{W_2}{W_1+W_2}J_0$ für $t=0$ bis Null, für $t=\infty$. Besteht aber die Ungleichheit (128), so wird i_1 von demselben Anfangswerthe, welcher ein Maximum ist, abnehmen, zu einer gewissen Zeit t_{11}', welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{129}$$

ist, gleich Null werden, weiter abnehmen, bis zu dem zur Zeit t_{12} eintreffenden negativen Minimum

$$(i_1)_{\min}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{CL_1}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{12}}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{12}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\} \tag{130}$$

und dann wachsen, um für $t=\infty$ gleich Null zu werden.

Die Grösse $-L_2\frac{di_2}{dt}$ wird von Null an, für $t=0$, wachsen, zur Zeit t_{21} den grössten Werth

$$\left(-L_2\frac{di_2}{dt}\right)_{\max}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{21}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{21}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{21}}\right\} \tag{131}$$

annehmen, und dann abnehmen, bis zu Null für $t=\infty$.

Besteht die Ungleichheit (127), so wird $-L_1\frac{di_1}{dt}$ von Null an wachsen und zur Zeit t_{11} den grössten Werth

$$(132)\quad \left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{11}}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{11}}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\}$$

zeigen, um dann beständig abzunehmen, bis zu Null, für $t=\infty$.

Ist die Relation (128) dagegen erfüllt, so wird $-L_1\frac{di_1}{dt}$ von dem Anfangswerthe Null zuerst wachsen, bis zu dem Maximum (132), dann abnehmen, zur Zeit t_{12} Null werden, weiter abnehmen, bis zu dem negativen Minimum

$$(133)\quad \left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{12}}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{12}}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}$$

und dann wachsen, bis zu Null, für $t=\infty$.

Die Discussion ist für den Fall, dass

$$\frac{W_1}{L_1}<\frac{W_2}{L_2}$$

ist, ganz ähnlich zu führen, nur hat man überall W_1 und W_2, L_1 und L_2, i_1 und i_2, t_{11} und t_{21}, t_{12} und t_{22}, t_{13} und t_{23} mit einander zu vertauschen.

8. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle hat man nach p. 307

$$(93)\qquad (B)\qquad \lambda_3>\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

und die Differenzen

$$\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},\quad \lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},\quad \lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

sind somit alle positiv.

a. *Das Potential Π und die Stromstärke J.* Es besitzt jetzt die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0$$

die Wurzel t_3 (p. 307), die Gl.

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}=0$$

die Wurzel t_4. Es ist t_4 grösser als t_3.

Das Potential Π wächst von dem Anfangswerthe Π_0, für $t=0$, zu dem der Zeit t_3 angehörenden Maximum

$$(134)\quad \Pi_{\max}=E+\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_3}+\left[\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_3}+\right.$$
$$\left.+\left[\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_3}\right\},$$

nimmt dann ab und erreicht für $t=\infty$ den Werth E. In dem absteigenden Theile der Π-Curve liegt ein Inflexionspunkt mit der Abscisse t_4.

Die Stromstärke J nimmt von dem Anfangswerthe J_0 ab, wird gleich Null für $t = t_3$ und erreicht zur Zeit t_4 das negative Minimum

$$J_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}} \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2} \left\{ \left[\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} \right] \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t_4} + \left[\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} \right] \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t_4} + \right.$$
$$\left. + \left[\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} \right] \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t_4} \right\}, \tag{135}$$

wächst dann und wird Null für $t = \infty$.

b) *Die Stromstärken i_1 und i_2 und die induktionselektromotorischen Kräfte $-L_1 \frac{di_1}{dt}$ und $-L_2 \frac{di_2}{dt}$.* Aus den Ungleichheiten (123) und (124) folgt jetzt, dass entweder

$$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 > \frac{W_2}{L_2}; \quad \lambda_3 \gtrless \frac{W_1}{L_1}, \tag{136}$$

oder

$$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 > \frac{W_1}{L_1}; \quad \lambda_3 \gtrless \frac{W_2}{L_2} \tag{137}$$

ist.

Es werde zuerst vorausgesetzt, dass

$$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2}$$

ist. Dann wird i_1 von dem für $t = 0$ stattfindendem Maximum $\frac{W_2}{W_1 + W_2} J_0$ abnehmen, zur Zeit t_{11}' Null werden, für $t = t_{12}$ das Minimum (130) zeigen, und dann zunehmen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$. Die Stromstärke i_2 verhält sich anders, je nachdem

$$\lambda_3 < \frac{W_1}{L_1} \tag{138}$$

oder

$$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1} \tag{139}$$

ist. Wenn die Ungleichheit (138) besteht, so nimmt i_2 von dem Maximum $\frac{W_1}{W_1 + W_2} J_0$, für $t = 0$, beständig ab, bis zu Null, für $t = \infty$. Gilt aber die Ungleichheit (139), so nimmt i_2 von demselben Maximum ab, wird Null zu einer Zeit t_{21}', welche die einzige Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{140}$$

ist, nimmt ferner ab, erhält für $t = t_{22}$ den kleinsten Werth

(141)
$$(i_2)_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{CL_2}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{22}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{22}} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{22}}\right\}$$

und wächst dann, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

Die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$ verhält sich wie unter (A) beschrieben worden ist, für den Fall, dass sowohl ein Maximum als auch ein Minimum vorhanden ist. Die Grösse $-L_2\frac{di_2}{dt}$ zeigt, wenn die Relation (138) erfüllt wird, dass unter (A) dargelegte Verhalten, wobei nur das Maximum (131) vorhanden ist. Besteht dagegen die Ungleichheit (139), so wird $-L_2\frac{di_2}{dt}$ von Null an zuerst wachsen, dann zur Zeit t_{21} das Maximum (131) erreichen, abnehmen, für $t = t_{22}$ Null werden, weiter abnehmen, für $t = t_{23}$ das negative Minimum

(142)
$$\left(-L_2\frac{di_2}{dt}\right)_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{23}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{23}} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{23}}\right\}$$

zeigen, und dann wachsen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

Hat man

$$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_2}{L_2},$$

so kommt man zu ganz ähnlichen Ergebnissen durch angemessene Vertauschung von einigen Indices 1 und 2 (Vergl. p. 313).

9. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G, H in dem Ausdrucke (32) erhält man jetzt mit Anwendung der Werthe (27)

(143)
$$\begin{cases} F + G + H = -E, \\ F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = 0, \\ F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = \dfrac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}\dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

Die Auflösung ergiebt mit Beachtung der Formeln (38)

$$(144)\quad \begin{cases} F = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}, \\ G = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}, \\ H = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}. \end{cases}$$

Ferner folgt

$$(145)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\left[\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} + \left[\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left[\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left[\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left[\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left[\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left[\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \end{cases}$$

sowie

$$(146)\quad \frac{\sqrt{D}}{E}\frac{L_1L_2}{L_1+L_2}(W_2L_1 - W_1L_2)\,i_1 =$$

$$= \left\{W_1L_2\lambda_1^2 - (W_1+W_2)\,W_g\lambda_1 + \frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t} +$$

$$+ \left\{W_1L_2\lambda_2^2 - (W_1+W_2)\,W_g\lambda_2 + \frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t} +$$

$$+ \left\{W_1L_2\lambda_3^2 - (W_1+W_2)\,W_g\lambda_3 + \frac{W_1+W_2}{C}\right\}\left\{\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t};$$

und man erhält nach Ausführung, wie auf p. 304 angegeben, oder einfacher direct, auf Grund der Anfangsbedingungen

$$(147)\quad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L_1}, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2} = -\dfrac{W(L_1+L_2)+W_1L_2}{L_1^2L_2}E, \end{cases}$$

$$(148)\quad i_1 = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L_1}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\},$$

ferner

$$(149)\quad \begin{cases} \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L_1}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\right\} \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L_1}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Ebenso ist

$$(150)\quad \begin{cases} i_2 = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{d^2 i_2}{dt^2} = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L_2}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

10. **Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Es werde zuerst angenommen, dass

$$(B)\qquad \lambda_3 > \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

ist. Dann folgt in genau derselben Weise wie bei der Discussion der Gl. (96) im Art. 6, dass die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt} = 0,$$

d. h.

$$(151)\quad \left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t} = 0$$

eine und nur eine positive endliche Wurzel t_4 besitzt. Ferner wird $\frac{d\Pi}{dt}$ gleich Null für $t=0$ und $t=\infty$. Zwischen 0 und t_4 muss somit ein Maximum oder Minimum von $\frac{d\Pi}{dt}$ liegen, thatsächlich ein Maximum, dessen Abscisse mit t_2 bezeichnet werde. Ebenso liegt zwischen t_4 und ∞ ein Minimum von $\frac{d\Pi}{dt}$, mit der Abscisse t_3. Die Gl.

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{152}$$

besitzt die beiden positiven endlichen Wurzeln t_2 und t_5. Der jetzt betrachtete Fall soll als Fall (B) bezeichnet werden. In dem Falle (A) besteht die Ungleichung

$$\lambda_3<\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}. \tag{A}$$

Aus der Untersuchung von $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ im Art. 6 geht jetzt hervor, dass die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0 \tag{151}$$

keine endliche positive Wurzel besitzt. Man hat $\frac{d\Pi}{dt}=0$ für $t=0$ und $t=\infty$, und somit liegt zwischen diesen Werthen ein Maximum oder ein Minimum von $\frac{d\Pi}{dt}$, thatsächlich ein Maximum, mit der Abscisse t_2, welche die einzige Wurzel der Gl. (152) ist.

Bei der Discussion von i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$ kommen die Gl.

$$\frac{di_1}{dt}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{153}$$

und

$$\frac{d^2i_1}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{154}$$

in Betracht. Es liefern die Untersuchungen im Art. 6 auch hier alles, was erforderlich ist. Hat man

$$\lambda_3<\frac{W_2}{L_2}, \tag{155}$$

so besitzt die Gl. (153) eine positive endliche Wurzel t_{11}. Hat man dagegen

$$\lambda_3>\frac{W_2}{L_2}, \tag{156}$$

so besitzt sie zwei solche Wurzeln t_{11} und t_{13}. In dem ersteren Falle hat die Gl. (154) auch nur eine positive endliche Wurzel t_{12}, welche grösser als t_{11} ist. In dem letzten Falle giebt es zwei solche Wurzeln t_{12} und t_{14}, und die Grössenordnung ist

$$0 < t_{11} < t_{12} < t_{13} < t_{14} < \infty . \tag{157}$$

Ähnliches gilt in Bezug auf i_2. Die Gl.

$$\frac{di_2}{dt} = 0$$

oder

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3 - \lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{158}$$

hat eine Wurzel t_{21} oder zwei Wurzeln t_{21} und t_{23}, je nachdem

$$\lambda_3 < \frac{W_1}{L_1} \tag{159}$$

oder

$$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1} \tag{160}$$

ist. Gleichzeitig hat die Gl.

$$\frac{d^2 i_2}{dt^2} = 0 ,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1^2(\lambda_2 - \lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2^2(\lambda_3 - \lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3^2(\lambda_1 - \lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{161}$$

eine Wurzel t_{22} oder zwei Wurzeln t_{22} und t_{24}. Hierbei ist

$$0 < t_{21} < t_{22} < t_{23} < t_{24} < \infty . \tag{162}$$

11. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.

a) *Das Potential H und die Stromstärke J.* Es wächst jetzt das Potential H beständig, von Null bis E. Der Abscisse t_2 entspricht ein Inflexionspunkt der H-Curve.

Die Stromstärke J nimmt von Null an bis zu dem der Zeit t_2 entsprechenden Maximum

$$J_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}\left\{\left[\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\right](\lambda_2 - \lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_2} + \left[\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\right](\lambda_3 - \lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_2} + \right.$$
$$\left. + \left[\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\right](\lambda_1 - \lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_2}\right\} \tag{163}$$

zu und nimmt dann bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$, ab.

b) *Die Stromstärken i_1 und i_2, sowie die induktionselektromotorischen Kräfte $-L_1\frac{di_1}{dt}$ und $-L_2\frac{di_2}{dt}$.* Wie auf p. 311 erhält man in dem Falle (A) entweder

(164) $$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 < \frac{W_1}{L_1};\ \lambda_3 \gtrless \frac{W_2}{L_2},$$

oder

(165) $$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_2}{L_2} \text{ und } \lambda_3 < \frac{W_2}{L_2};\ \lambda_3 \gtrless \frac{W_1}{L_1}$$

als zusammengehörend.

Es soll nur der Fall

$$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2}$$

erörtert werden, indem ja alles auf den Fall

$$\frac{W_1}{L_1} < \frac{W_2}{L_2},$$

sich beziehende dann durch einfache Vertauschungen der Indices 1 und 2 hervorgeht (vergl. p. 313).

Die Stromstärke i_2 wächst von Null an bis zu dem der Zeit t_{21} angehörenden Maximum

(166) $$(i_2)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L_2}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{21}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{21}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{21}}\right\},$$

und nimmt dann ab, bis zu dem schliesslichen Werthe Null, für $t=\infty$.

Die Grösse $-L_2\frac{di_2}{dt}$ fängt mit dem negativen Werthe $-E$ an, wächst, wird gleich Null für $t=t_{21}$, wächst weiter, erreicht zur Zeit t_{22} das Maximum

(167) $$\left(-L_2\frac{di_2}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{22}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{22}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{22}}\right\},$$

und nimmt dann ab, bis zu Null, welcher Werth für $t=\infty$ erreicht wird.

Die Grössen i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$ verhalten sich anders, je nachdem

(168) $$\lambda_3 < \frac{W_2}{L_2}$$

oder

(169) $$\lambda_3 > \frac{W_2}{L_2}$$

ist. Wir nehmen zuerst an, es sei die Ungleichheit (168) erfüllt.

Dann wächst i_1 von Null an, erreicht zur Zeit t_{11} das Maximum

$$(i_1)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L_1}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{11}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{11}} + \right.$$

(170)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\},$$

und nimmt dann in unendlich langer Zeit bis zu Null ab.

Die induktionselektromotorische Kraft $-L_1\frac{di_1}{dt}$ fängt gleichzeitig mit dem negativen Werthe $-E$ an, wächst, wird gleich Null für $t = t_{11}$, nimmt zur Zeit t_{12} das Maximum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{12}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{12}} + \right.$$

(171)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}$$

an, und nimmt dann ab, um für $t = \infty$ gleich Null zu werden.

Es sei ferner die Ungleichheit (169) befriedigt.

Dann wächst i_1 von Null bis zu dem zur Zeit t_{11} stattfindendem Maximum (170), nimmt nachher ab, wird gleich Null zu einer gewissen Zeit t_{12}', welche die einzige positive endliche Wurzel der Gl.

(172) $$\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist, nimmt weiter ab, zeigt für $t = t_{13}$ das negative Minimum

$$(i_1)_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L_1}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{13}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{13}} + \right.$$

(173)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_2}{L_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{13}}\right\},$$

wächst dann und wird schliesslich gleich Null für $t = \infty$.

Gleichzeitig nimmt die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$ von dem Werthe $-E$, für $t = 0$, zu, wird Null zur Zeit t_{11} und erreicht zur Zeit t_{12} das Maximum (171), nimmt dann ab, wird wieder gleich Null zur Zeit t_{13}, nimmt weiter ab, zeigt für $t = t_{14}$ das negative Minimum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\min}=-\frac{E}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{14}}+\left(\lambda_2-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{14}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_2}{L_2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{14}}\right\}, \tag{174}$$

und wächst dann bis zu Null, welcher Werth der Zeit $t=\infty$ angehört.

12. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.**

a) *Das Potential II und die Stromstärke J.* Es wächst jetzt Π von Null an zu dem der Zeit t_4 angehörenden Maximum

$$\Pi_{\max}=E+\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}\,e^{-\lambda_1 t_4}+\left[\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}\,e^{-\lambda_2 t_4}+\right.$$
$$\left.+\left[\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}\,e^{-\lambda_3 t_4}\right\} \tag{175}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem schliesslichen Werthe E. Den Abscissen t_2 und t_3, welche Wurzeln der Gl. (152) sind, entsprechen Inflexionspunkte der Π-Curve.

Die Stromstärke J wächst von Null an zu dem zur Zeit t_2 vorkommenden Maximum

$$J_{\max}=-\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_2}+\left[\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_2}+\right.$$
$$\left.+\left[\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_2}\right\}, \tag{176}$$

nimmt dann ab, wird Null für $t=t_4$, erreicht für $t=t_5$ das negative Minimum

$$J_{\min}=-\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_5}+\left[\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_5}+\right.$$
$$\left.+\left[\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right](\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_5}\right\}, \tag{177}$$

und wächst nachher bis zu dem Werthe Null, welcher dem schliesslichen stationären Zustande angehört.

b) *Die Stromstärken i_1 und i_2, sowie die induktionselektromotorischen Kräfte* $-L_1\frac{di_1}{dt}$ und $-L_2\frac{di_2}{dt}$. Wie im Art. 8 p. 314 hat man jetzt entweder

$$\frac{W_1}{L_1}>\frac{W_2}{L_2}\text{ und }\lambda_3>\frac{W_2}{L_2};\quad \lambda_3\gtrless\frac{W_1}{L_1}, \tag{178}$$

oder

$$\frac{W_1}{L_1}<\frac{W_2}{L_2}\text{ und }\lambda_3>\frac{W_1}{L_1};\quad \lambda_3\gtrless\frac{W_2}{L_2}. \tag{179}$$

Wie mehrmals hervorgehoben genügt es den einen Fall zu betrachten. Es sei also

$$\frac{W_1}{L_1} > \frac{W_2}{L_2}.$$

Alsdann wächst i_1 von Null an bis zu der Zeit t_{11}, welcher das Maximum (170) angehört, nimmt ab, wird gleich Null für $t = t_{12}'$ und zeigt zur Zeit t_{13} das Minimum (173), wächst dann und wird gleich Null für $t = \infty$.

Die Grösse $-L_1 \frac{di_1}{dt}$ verhält sich, wie zuletzt unter (A) beschrieben worden ist, und besitzt also sowohl ein Maximum wie ein Minimum.

Bei der Betrachtung von i_2 und $-L_2 \frac{di_2}{dt}$ möge zuerst

(180) $$\lambda_3 < \frac{W_1}{L_1}$$

genommen werden. Es verhalten sich dann diese Grössen genau wie im Falle (A) und haben jede einen extremen Werth.

Ferner sei

(181) $$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1}.$$

Dann wird i_2 von Null an wachsen, für $t = t_{21}$ das Maximum (166) zeigen, abnehmen, zu einer Zeit t_{22}', welche die einzige positive endliche Wurzel der Gl.

(182) $$\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\, e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\, e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\, e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist, Null werden, weiter abnehmen, für $t = t_{23}$ das Minimum

(183) $$(i_2)_{\min} = -\frac{E}{D L_2}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\, e^{-\lambda_1 t_{23}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\, e^{-\lambda_2 t_{23}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\, e^{-\lambda_3 t_{23}}\right\}$$

zeigen, und dann zunehmen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

Die Grösse $-L_2 \frac{di_2}{dt}$ nimmt gleichzeitig, mit dem Werthe $-E$ anfangend, zu, wird Null für $t = t_{21}$ und hat zur Zeit t_{22} das Maximum (167), nimmt dann ab, wird wieder gleich Null zur Zeit t_{23} und erreicht für $t = t_{24}$ den kleinsten Werth

(184) $$\left(-L_2 \frac{di_2}{dt}\right)_{\min} = -\frac{E}{D}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1 (\lambda_2 - \lambda_3)\, e^{-\lambda_1 t_{24}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2 (\lambda_3 - \lambda_1)\, e^{-\lambda_2 t_{24}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3 (\lambda_1 - \lambda_2)\, e^{-\lambda_3 t_{24}}\right\},$$

wächst dann und wird gleich Null für $t = \infty$.

13. **Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung; erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Uebergangsfälle kommen vor, wenn die Discriminante D gleich Null wird und somit zwei Wurzeln der cubischen Gleichung (33) gleich gross werden. In diesem und den folgenden Artikeln wird die Untersuchung auf die Aufstellung der Ausdrücke für Π und J beschränkt. Es möge sein

$$\begin{cases} \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda', \\ \lambda_3 = \lambda, \end{cases} \tag{185}$$

wobei $\lambda' > \lambda$ ist. Alsdann hat die Lösung der Diff.-Gl. (10) die Form

$$\Pi = (F + Gt)\, e^{-\lambda' t} + He^{-\lambda t} + E. \tag{186}$$

Hieraus folgt

$$\begin{cases} \dfrac{d\Pi}{dt} = -\left\{(F\lambda' - G + G\lambda' t)\, e^{-\lambda' t} + H\lambda e^{-\lambda t}\right\}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \lambda' (F\lambda' - 2G + G\lambda' t) e^{-\lambda' t} + H\lambda^2 e^{-\lambda t}. \end{cases} \tag{187}$$

Zur Berechnung von F, G und H erhält man mit Anwendung der p. 294 für $t = 0$ angeführten Werthe von Π und der Ableitungen von Π, die folgenden Gleichungen:

$$\begin{cases} F + H = \Pi_0 - E = -W_g J_0, \\ F\lambda' - G + H\lambda = -\dfrac{J_0}{C}, \\ F\lambda'^2 - 2G\lambda' + H\lambda^2 = 0. \end{cases} \tag{188}$$

Die Auflösung dieser Gl. in Bezug auf F, G und H ergiebt

$$\begin{cases} F = \dfrac{W_g J_0}{(\lambda' - \lambda)^2}\left\{\lambda(2\lambda' - \lambda) - \dfrac{2\lambda'}{W_g C}\right\}, \\ G = \dfrac{W_g J_0}{\lambda' - \lambda}\left\{\lambda'\lambda - \dfrac{\lambda' + \lambda}{W_g C}\right\} = -\dfrac{J_0}{(\lambda' - \lambda)\lambda'^2}\dfrac{L_1 + L_2}{C^2 L_1 L_2}\left\{\lambda' - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\right\}, \\ H = -\dfrac{W_g J_0}{(\lambda' - \lambda)^2}\lambda'\left(\lambda' - \dfrac{2}{W_g C}\right). \end{cases} \tag{189}$$

Hiermit erhält man

$$(190)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{W_g J_0}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\left[\lambda(2\lambda'-\lambda) - \dfrac{2\lambda'}{W_g C} + (\lambda'-\lambda)\left(\lambda'\lambda - \dfrac{\lambda'+\lambda}{W_g C}\right)t\right] e^{-\lambda' t} - \lambda'\left(\lambda' - \dfrac{2}{W_g C}\right) e^{-\lambda t}\right\} + E, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{C W_g J_0}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\left[\lambda\lambda'^2 - \dfrac{\lambda^2+\lambda'^2}{W_g C} + \lambda'(\lambda'-\lambda)\left(\lambda'\lambda - \dfrac{\lambda'+\lambda}{W_g C}\right)t\right] e^{-\lambda' t} - \lambda\lambda'\left(\lambda' - \dfrac{2}{W_g C}\right) e^{-\lambda t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{C W_g J_0}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\lambda'\left[\lambda^2\left(\lambda' - \dfrac{2}{W_g C}\right) + (\lambda'-\lambda)\lambda'\left(\lambda'\lambda - \dfrac{\lambda'+\lambda}{W_g C}\right)t\right] e^{-\lambda' t} - \lambda^2\lambda'\left(\lambda' - \dfrac{2}{W_g C}\right) e^{-\lambda t}\right\}. \end{cases}$$

Eine Discussion von Π und J würde ziemlich umständlich werden. Weil die Uebergangsfälle auch sonst relativ wenig Bedeutung haben, wird die Discussion übergangen.

Ausser der Annahme (185) oben, kann auch die Annahme

$$(191)\qquad \lambda_1 = \lambda\,, \quad \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda'$$

gemacht werden, wobei

$$\lambda > \lambda'$$

ist. Die hieher gehörenden Ausdrücke unterscheiden sich nur unwesentlich von den Ausdrücken (190). So hat man z. B.

$$\Pi = -\frac{W_g J_0}{(\lambda-\lambda')^2}\left\{\lambda'\left(\lambda' - \frac{2}{W_g C}\right) e^{-\lambda t} + \left[\lambda(\lambda-2\lambda') + \frac{2\lambda'}{W_g C} + (\lambda-\lambda')\left(\lambda\lambda' - \frac{\lambda+\lambda'}{W_g C}\right)t\right] e^{-\lambda' t}\right\} + E.$$

Wenn alle drei Wurzeln der Gl. 33 p. 296 gleich sind und somit den Werth

$$(192)\qquad \lambda = \frac{1}{3}\left(\frac{W+W_1}{L_1} + \frac{W+W_2}{L_2}\right)$$

haben, so bekommt Π die Form

$$(193)\qquad \Pi = \left\{F + Gt + Ht^2\right\} e^{-\lambda t} + E,$$

woraus folgt

$$(194)\quad \begin{cases} \dfrac{d\Pi}{dt} = -\left\{F\lambda - G + (G\lambda - 2H)t + H\lambda t^2\right\} e^{-\lambda t}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \left\{F\lambda^2 - 2G\lambda + 2H + \lambda(G\lambda - 4H)t + H\lambda^2 t^2\right\} e^{-\lambda t}. \end{cases}$$

Mittels der Anfangsbedingungen ergeben sich zur Bestimmung von F, G und H die Gleichungen

$$(195)\quad \begin{cases} F = \Pi_0 - E = -W_g J_0, \\ F\lambda - G = -\dfrac{J_0}{C}, \\ F\lambda^2 - 2G\lambda + 2H = 0. \end{cases}$$

Die Constanten bekommen die Werthe

$$\begin{cases} F = -W_g J_0, \\ G = -W_g J_0 \left(\lambda - \frac{1}{W_g C}\right), \\ 2H = -W_g J_0 \lambda \left(\lambda - \frac{2}{W_g C}\right), \end{cases}$$

und man hat

$$(196) \qquad \begin{cases} \Pi = -W_g J_0 \left\{1 + \left(\lambda - \frac{1}{W_g C}\right) t + \frac{1}{2} \lambda \left(\lambda - \frac{2}{W_g C}\right) t^2\right\} e^{-\lambda t} + E, \\ J = C \frac{d\Pi}{dt} = J_0 \left\{1 + \lambda t + \frac{1}{2} W_g C \lambda^2 \left(\lambda - \frac{2}{W_g C}\right) t^2\right\} e^{-\lambda t}, \\ \frac{dJ}{dt} = C \frac{d^2\Pi}{dt^2} = W_g C J_0 \lambda^2 t \left\{\left(\lambda - \frac{3}{W_g C}\right) - \frac{1}{2} \lambda \left(\lambda - \frac{2}{W_g C}\right) t\right\} e^{-\lambda t}. \end{cases}$$

Diese Formeln sollen ebensowenig wie die früheren Formeln dieses Artikels einer Discussion unterworfen werden.

14. **Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung; zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Mit der Annahme

$$(197) \qquad \begin{cases} \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda', \\ \lambda_3 = \lambda, \end{cases}$$

wobei $\lambda' > \lambda$ ist, erhält man wieder die Gl. (186) und (187). Die Constanten F, G und H sind jetzt mittels der Anfangswerthe (27) zu bestimmen, und zwar ergiebt sich zu diesem Zwecke:

$$(198) \qquad \begin{cases} F + H = -E, \\ F\lambda' - G + H\lambda = 0, \\ F\lambda'^2 - 2G\lambda' + H\lambda^2 = \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2} \frac{E}{C}. \end{cases}$$

Durch Auflösung erhält man hieraus

$$\begin{cases} F = \frac{1}{(\lambda' - \lambda)^2} \left\{\lambda (2\lambda' - \lambda) - \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}\right\} E, \\ G = \frac{1}{\lambda' - \lambda} \left\{\lambda\lambda' - \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}\right\} E, \\ H = -\frac{1}{(\lambda' - \lambda)^2} \left\{\lambda'^2 - \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}\right\} E. \end{cases}$$

Diese Werthe geben beim Einsetzen in die Gl. (186) und (187)

$$(199)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\left[\lambda(2\lambda'-\lambda) - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2} + (\lambda'-\lambda)\left(\lambda\lambda' - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)t\right]e^{-\lambda' t} - \left(\lambda'^2 - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)e^{-\lambda t}\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{CE}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\lambda\left(\lambda'^2 - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right) + \lambda'(\lambda'-\lambda)\left(\lambda\lambda' - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)t\right]e^{-\lambda' t} - \lambda\left(\lambda'^2 - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)e^{-\lambda t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{CE}{(\lambda'-\lambda)^2}\left\{\lambda'\left[\lambda^2\lambda' + (\lambda'-2\lambda)\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2} + \lambda'(\lambda'-\lambda)\left(\lambda\lambda' - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)t\right]e^{-\lambda' t}\right. \\ \qquad\qquad \left. - \lambda^2\left(\lambda'^2 - \dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right)e^{-\lambda t}\right\}. \end{cases}$$

Setzt man

$$\lambda_1 = \lambda, \quad \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda',$$

wobei $\lambda > \lambda'$ ist, so bekommt man formell dieselben Ausdrücke.

Nimmt man schliesslich drei gleiche Wurzeln

$$\lambda = \left(\frac{W+W_1}{L_1} + \frac{W+W_2}{L_2}\right),$$

so hat man die Formeln (193) und (194) und zur Constantenbestimmung

$$(200)\quad \begin{cases} F = -E, \\ F\lambda - G = 0, \\ F\lambda^2 - 2G\lambda + 2H = \dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

Hieraus folgt

$$F = -E; \quad G = -E\lambda;$$

$$H = \frac{1}{2}E\left\{\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C} - \lambda^2\right\},$$

und

$$(201)\quad \begin{cases} \Pi = E - E\left\{1 + \lambda t + \dfrac{1}{2}\left(\lambda^2 - \dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right)t^2\right\}e^{-\lambda t}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = CE\left\{\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C} + \dfrac{1}{2}\lambda\left(\lambda^2 - \dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right)t\right\}te^{-\lambda t}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = CE\left\{\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C} + \lambda\left(\lambda^2 - 2\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right)t - \dfrac{1}{2}\lambda^2\left(\lambda^2 - \dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right)t^2\right\}e^{-\lambda t}. \end{cases}$$

15. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Es ist jetzt die Discriminante D negativ und der Ausdruck für das Potential Π hat die Form (39)

$$\Pi = Fe^{-\lambda t} + e^{-at}\{G\cos\beta t + H\sin\beta t\} + E, \tag{39}$$

worin F, G und H reel, λ, a und β reel und positiv sind. Durch Differentiation folgt hieraus

$$\begin{cases} \dfrac{d\Pi}{dt} = -F\lambda e^{-\lambda t} + e^{-at}\{(H\beta - Ga)\cos\beta t - (G\beta + Ha)\sin\beta t\}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = F\lambda^2 e^{-\lambda t} + e^{-at}\left\{\left[G(a^2-\beta^2) - 2Ha\beta\right]\cos\beta t + \left[H(a^2-\beta^2) + 2Ga\beta\right]\sin\beta t\right\}. \end{cases} \tag{202}$$

Mit Anwendung der Anfangsbedingungen (23) p. 294 erhält man zur Constantenbestimmung die Gleichungen

$$\begin{cases} F + G = -W_g J_0, \\ F\lambda + Ga - H\beta = -\dfrac{J_0}{C}, \\ F\lambda^2 + G(a^2-\beta^2) - 2Ha\beta = 0, \end{cases} \tag{203}$$

und durch Auflösung dieser Gleichungen mit Beachtung auch der Relationen (40) folgt

$$\begin{cases} F = -\dfrac{W_g J_0}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{a^2+\beta^2 - \dfrac{2a}{W_g C}\right\} = \dfrac{J_0}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C^2}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\dfrac{1}{\lambda^2}, \\ G = -\dfrac{W_g J_0}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2a) + \dfrac{2a}{W_g C}\right\}, \\ H = -\dfrac{W_g J_0}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{\lambda(\beta^2 - a^2 + a\lambda)}{\beta} + \dfrac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{\beta}\dfrac{1}{W_g C}\right\}. \end{cases} \tag{204}$$

Jetzt ergiebt sich weiter

$$\begin{cases} \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}(\Pi - E) = \dfrac{J_0}{C^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \\ \qquad - W_g J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a) + \dfrac{2a}{W_g C}\right]\cos\beta t + \left[\lambda(\beta^2 - a^2 + a\lambda) + \dfrac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{W_g C}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\ \{(\lambda-a)^2+\beta^2\} J = \{(\lambda-a)^2+\beta^2\} C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{J_0}{C}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} + \\ \quad + J_0 e^{-at}\left\{\left[a^2+\beta^2+\lambda^2 - \dfrac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\cos\beta t + \left[a(a^2+\beta^2-\lambda^2) + (\lambda-a)\dfrac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\ \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{dJ}{dt} = \{(\lambda-a)^2+\beta^2\} C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{J_0}{C}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)e^{-\lambda t} \\ -J_0 e^{-at}\left\{\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\cos\beta t + \left[(a^2+\beta^2)^2 - \lambda^2(a^2-\beta^2) - (a^2+\beta^2-a\lambda)\dfrac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}. \end{cases} \tag{205}$$

Man beachte auch die Formel

$$\sqrt{-D} = \beta \left\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\right\}. \tag{206}$$

Für die Stromstärke i_1 berechnet man, von einem Ausdrucke

$$i_1 = F_1 e^{-\lambda t} + e^{-\alpha t}\left\{G_1 \cos\beta t + H_1 \sin\beta t\right\}$$

ausgehend und die Anfangsbedingungen (76) benutzend,

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\right\} i_1 = -\frac{J_0}{L_1 C}\left(\lambda-\frac{W_2}{L_2}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda} + \\
&\quad + \frac{W_2}{W_1+W_2} J_0 e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda^2 - 2\alpha\lambda + \frac{W_1+W_2}{CL_1W_2}\right]\cos\beta t - \left[\lambda(\alpha^2-\beta^2-\alpha\lambda) + (\lambda-\alpha)\frac{W_1+W_2}{CL_1W_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
&\left\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\right\}\frac{di_1}{dt} = \frac{J_0}{L_1C}\left(\lambda-\frac{W_2}{L_2}\right)e^{-\lambda t} \\
&\qquad\qquad - J_0 e^{-\alpha t}\frac{1}{L_1C}\left\{\left(\lambda-\frac{W_2}{L_2}\right)\cos\beta t + \left[(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda) + (\lambda-\alpha)\frac{W_2}{L_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{207}$$

Ebenso ist

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\right\} i_2 = -\frac{J_0}{L_2 C}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda} + \\
&\quad + \frac{W_1}{W_1+W_2} J_0 e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda^2 - 2\alpha\lambda + \frac{W_1+W_2}{CL_2W_1}\right]\cos\beta t - \left[\lambda(\alpha^2-\beta^2-\alpha\lambda) + (\lambda-\alpha)\frac{W_1+W_2}{CL_2W_1}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
&\left\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\right\}\frac{di_2}{dt} = \frac{J_0}{L_2C}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)e^{-\lambda t} \\
&\qquad\qquad - J_0 e^{-\alpha t}\frac{1}{L_2C}\left\{\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\cos\beta t + \left[(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda) + (\lambda-\alpha)\frac{W_1}{L_1}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{208}$$

Alle diese Ausdrücke stellen Curven dar, welche als eine geometrische Summe von einer Exponentialcurve und einer regelmässig gedämpften Sinuslinie aufzufassen sind. Es führt z. B. das Potential Π gedämpfte Schwingungen um eine Exponentialcurve als Achse aus. Um eine Discussion der Ausdrücke zu ermöglichen, betrachtet man besonders den exponentiellen Theil und den periodischen Theil, indem gezetzt wird:

$$\begin{aligned}
P &= \Pi - E - \frac{1}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{J_0}{C^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \\
&- -\frac{W_g J_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2} e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda(\lambda-2\alpha) + \frac{2\alpha}{W_g C}\right]\cos\beta t + \left[\lambda(\beta^2-\alpha^2+\alpha\lambda) + \frac{\alpha^2-\beta^2-\lambda^2}{W_g C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned} \tag{209}$$

Ferner folgt:

$$C\frac{dP}{dt} = J + \frac{1}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{J_0}{C}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda} -$$

(210)

$$\frac{J_0 e^{-\alpha t}}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\left[\alpha^2+\beta^2+\lambda^2-\frac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\cos\beta t + \left[\alpha(\alpha^2+\beta^2-\lambda^2)+(\lambda-\alpha)\frac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},$$

$$C\frac{d^2P}{dt^2} = \frac{dJ}{dt} - \frac{1}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{J_0}{C}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)e^{-\lambda t} =$$

(211)

$$-\frac{J_0 e^{-\alpha t}}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\frac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\cos\beta t + \right.$$

$$\left. + \left[(\alpha^2+\beta^2)^2 - \lambda^2(\alpha^2-\beta^2) - (\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\frac{(W_1+W_2)W_g}{L_1L_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.$$

Bei der Discussion von H, J und P dürfen drei Fälle von einander unterschieden werden, welche durch die Lage der die Achse bildenden Exponentialcurve charakterisirt sind, und zwar je nachdem

(212) (A) $$\lambda < \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},$$

(213) (B) $$\lambda > \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},$$

(214) (C) $$\lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

ist.

16. **Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (C), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem einfachsten Falle ist die einzige reelle Wurzel der cubischen Gl. (33) p. 296 gleich $\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$. Nach dem auf p. 308 gefundenen besteht dann die Relation

(215) $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{W_1}{W_2},$$

und das Potential H verändert sich in derselben Weise, als ob die Strombahn unverzweigt wäre, den Widerstand W_g und den Selbstinduktionscoefficienten $\frac{L_1L_2}{L_1+L_2}$ hätte. Damit die Ladung des Condensators periodisch geschehe, muss die Bedingung

(216) $$W+\frac{W_1 W_2}{W_1+W_2}<2\sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1+L_2)}}$$

erfüllt sein. Alsdann führen das Potential Π und die Stromstärke J regelmässig gedämpfte Schwingungen aus, und die weitere Ausführung der Discussion ist nicht erforderlich.

17. **Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die exponentielle Achse, um welche die Schwingungen von P erfolgen, liegt in diesem Falle unterhalb der Geraden $\Pi = E$, an

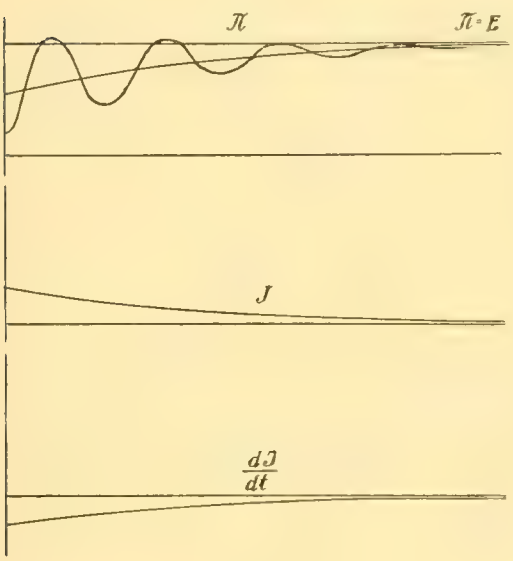


Fig. 43.

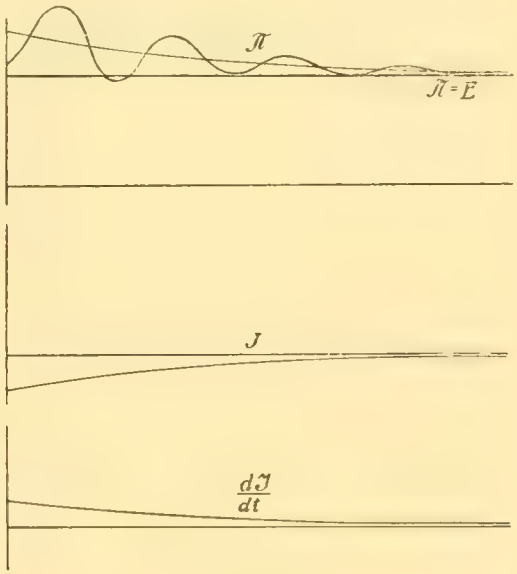


Fig. 44.

welche sie sich asymptotisch nähert. Die Achse der Schwingungen von $\frac{dP}{dt}$ liegt oberhalb der Achse der Abscissen t und die Achse der Schwingungen von $\frac{d^2P}{dt^2}$ wieder unterhalb der Achse der Abscissen. Die Fig. 43 veranschaulicht die Lagen dieser Achsen und die Schwingungscurve selbst.

Den regelmässig gedämpften Schwingungen von P, $\frac{dP}{dt}$ und $\frac{d^2P}{dt^2}$ kommt die Periode

(217) $$T=\frac{2\pi}{\beta}$$

und das logaritmische Decrement

(218) $$\alpha = \pi \frac{a}{\beta} - a \frac{T}{2}$$

zu.

Die P-Curve zeigt wechselweise Maxima und Minima, und zwar ist der erste extreme Werth ein Maximum oder ein Minimum, je nachdem

(219) $$a^2 + \beta^2 + \lambda^2 \gtreqless \frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1L_2}$$

ist. Mittels der Formeln (40) p. 297 giebt man dieser Bedingung noch die Form

(219 a) $$2\lambda^2 + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right) \gtreqless \left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)\lambda,$$

worin nur die Grösse λ enthalten ist.

Die II-Curve fängt oberhalb oder unterhalb der Exponentialachse an, je nachdem

(220) $$\lambda^2 + \frac{2a}{W_g C} \gtreqless 2a\lambda$$

ist. Eine andere Form der Bedingung (220) ist die folgende

(220 a) $$2\lambda^2 + \frac{1}{W_g C}\left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right) \gtreqless \left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2} + \frac{1}{W_g C}\right)\lambda.$$

Mit Anwendung der Bezeichnung

(221) $$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{\beta} \frac{a^2 - \beta^2 - \lambda^2 + \lambda(\beta^2 - a^2 + a\lambda)\, W_g C}{2a + \lambda(\lambda - 2a)\, W_g C}$$

erhält man für die Schnittpunkte der II-Curve mit der Exponentialachse die Abscissen

(222) $$t = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}.$$

Die Maxima und Minima von P gehören zu den Abscissen

(223) $$t = \left(n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}$$

wobei

(224) $$\operatorname{tg} \psi = \beta \frac{L_1L_2(a^2 + \beta^2 + \lambda^2) - (WW_1 + WW_2 + W_1W_2)}{L_1L_2\, a(a^2 + \beta^2 - \lambda^2) + (\lambda - a)(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)}$$

gesetzt worden ist.

In den Ausdrücken (205) kan das rein exponentielle Glied überwiegen, in dem a gross ist, oder das periodische Glied überwiegen, indem λ gross ist. In dem ersten Falle sind die Schwingungen von II um die Exponentialachse herum relativ klein und es brauchen sogar keine analytische Maxima und Minima von II vorhanden zu sein, sondern nur eine beständige Zunahme von II, welche periodisch stärker und

schwächer wird. In dem zweiten Falle besitzt Π Maxima und Minima, welche im Verhältniss zu den Maxima und Minima von P etwas vorwärts verschoben sind. Eine allgemeine Bestimmung der Maxima und Minima von Π, falls solche vorhanden sind, ist nicht ausführbar, indem hierbei nicht lösbare transcendente Gleichungen auftreten.

18. **Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die exponentiellen Achsen der Schwingungen von Π, $\frac{d\Pi}{dt}$ und $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ sind jetzt in der Fig. 44 veranschaulicht. Sonst gilt alles das im Art. 17 gefundene auch hier, mit der Ausnahme, dass die Maxima und Minima von Π, falls solche vorhanden sind, im Verhältniss zu den Maxima und Minima von P etwas rückwärts verschoben sind.

Wenn die Π-Curve oberhalb der Exponentialachse anfängt, so giebt es sicher Maxima und Minima von Π.

Sowohl im Falle (A) wie im Falle (B) fängt die Π-Curve mit einem Inflexionspunkte an und wächst der Werth von Π anfangs.

19. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen hat man die Werthe (27 · · · (30) und erhält dann zur Bestimmung der Constanten F, G und H in den Formeln (39) und (202) p. 297 und 328 bez.

$$(225)\qquad \begin{cases} F+G=-E, \\ F\lambda+Ga-H\beta=0, \\ F\lambda^2+G(a^2-\beta^2)-2Ha\beta=\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

Bei der Auflösung folgt

$$(226)\qquad \begin{cases} F=\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}-(a^2+\beta^2)\right\}= \\ \qquad -\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{1}{\lambda}, \\ G=-\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right\}, \\ H=\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)}{\beta}+\dfrac{(\lambda-a)}{\beta}\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\dfrac{1}{C}\right\}. \end{cases}$$

Ferner erhält man hieraus

$$
(227)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}(\Pi-E) = E\,\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\
\qquad -Ee^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda(\lambda-2\alpha)+\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-\alpha^2+\alpha\lambda)+(\alpha-\lambda)\dfrac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}J = \{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\,C\dfrac{d\Pi}{dt} = -E\,\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}e^{-\lambda t}+ \\
\qquad +E\,\dfrac{L_1+L_1}{L_1L_2}e^{-\alpha t}\left\{\left(\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\cos\beta t+\left[\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda+(\lambda-\alpha)\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\dfrac{dJ}{dt} = E\,\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right\}\lambda e^{-\lambda t}+ \\
\qquad +E\,\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}e^{-\alpha t}\left\{\left[\alpha^2+\beta^2-2\alpha\lambda+\lambda\,\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\beta^2)+\right.\right. \\
\qquad \left.\left.+(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

Ebenso berechnet man, auf Grund der Anfangswerthe (147),

$$
(228)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\,i_1 = -\dfrac{E}{L_1}\left(\lambda-\dfrac{W_2}{L_2}\right)e^{-\lambda t}+ \\
\qquad +\dfrac{E}{L_1}e^{-\alpha t}\left\{\left(\lambda-\dfrac{W_2}{L_2}\right)\cos\beta t+\left[\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda+(\lambda-\alpha)\dfrac{W_2}{L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L_1}\left(\lambda-\dfrac{W_2}{L_2}\right)\lambda e^{-\lambda t}+ \\
\quad +\dfrac{E}{L_1}e^{-\alpha t}\left\{\left[\alpha^2+\beta^2-2\alpha\lambda+\lambda\dfrac{W_2}{L_2}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\beta^2)+(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\dfrac{W_2}{L_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

Ähnlicherweise ist

$$
(229)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\,i_2 = -\dfrac{E}{L_2}\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)e^{-\lambda t}+ \\
\qquad +\dfrac{E}{L_2}e^{-\alpha t}\left\{\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\cos\beta t+\left[\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda+(\lambda-\alpha)\dfrac{W_1}{L_1}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{L_2}\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda e^{-\lambda t}+ \\
\quad +\dfrac{E}{L_2}e^{-\alpha t}\left\{\left[\alpha^2+\beta^2-2\alpha\lambda+\lambda\dfrac{W_1}{L_1}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\beta^2)+(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\dfrac{W_1}{L_1}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

Diese Gleichungen stellen gedämpfte Schwingungen um eine Exponentialcurve als Achse dar. Indem man ähnliche Bezeichnungen wie im Art. 15 p. 329 einführt, erhält man

$$P = \Pi - E\left\{1 + \frac{L_1+L_2}{L_1 L_2}\frac{1}{C}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda}\,\frac{1}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\right\}$$

(230)

$$= -\frac{Ee^{-at}}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a) + \frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C}\right]\cos\beta t + \left[\lambda(\beta^2 - a^2 + a\lambda) + (a-\lambda)\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},$$

$$C\frac{dP}{dt} - J + \frac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)e^{-\lambda t} =$$

(231)

$$\frac{Ee^{-at}}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\cos\beta t + \left[a^2+\beta^2 - a\lambda + (\lambda-a)\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},$$

$$C\frac{d^2P}{dt^2} = \frac{dJ}{dt} - \frac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\lambda e^{-\lambda t} =$$

(232)

$$-\frac{Ee^{-at}}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left\{\left[a^2+\beta^2 - 2a\lambda + \lambda\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\cos\beta t + \left[\lambda(a^2-\beta^2) - a(a^2+\beta^2) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + (a^2+\beta^2 - a\lambda)\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.$$

Wie für die erste Wahl der Anfangsbedingungen dürfen bei der Discussion von Π, J und P drei Fälle von einander unterschieden werden, je nachdem

(233) (A) $$\lambda < \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},$$

(234) (B) $$\lambda > \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2},$$

(235) (C) $$\lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}$$

ist.

20. **Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (C), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** In diesem Falle besteht die Beziehung

(236) $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

und die exponentiellen Achsen sind gerade Linien, sowie die Schwingungen von Π und J regelmässig gedämpfte Schwingungen. Die Strombahn kann, was Π und J betrifft, genau wie bei dem im Art. 16 betrachteten Falle, mit einer einfachen Strombahn ersetzt werden, und es muss die Relation (216) erfüllt sein, damit Schwingungen auftreten. Für die weitere Discussion ist ein Hinweis auf Art. 15 I genügend.

21. **Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Exponentialcurven, welche die Achsen der Schwingungen von Π, J und $\frac{dJ}{dt}$ bilden, haben in diesem Falle die in der Fig. 43 veranschaulichte Anordnung.

Die Ausdrücke für Periode und Decrement sind von den Anfangsbedingungen unabhängig und werden somit durch die Formeln (217) und (218) gegeben.

Der erste extreme Werth bei der P-Curve ist immer ein Minimum, weil ja für $t=0$ sich

$$C\frac{dP}{dt}=\frac{E}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)$$

und negativ ergiebt. Die Π-Curve beginnt im Coordinatenanfangspunkte und die Exponentialachse fängt somit unterhalb oder oberhalb der Achse der Abscissen an, je nachdem

$$\lambda^2+\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C}\gtrless 2\alpha\lambda \tag{237}$$

d. h.

$$2\lambda^2+\frac{L_1+L_2}{CL_1L_2}\gtrless\left(\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right)\lambda \tag{237 a}$$

ist.

Die Schnittpunkte der Π-Curve mit der Exponentialachse sind bestimmt durch die Abscissen

$$t=\left(n+\frac{1}{2}+\frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \tag{238}$$

wobei

$$\operatorname{tg}\psi=\frac{1}{\beta}\frac{\lambda(\beta^2-\alpha^2+\alpha\lambda)+(\alpha-\lambda)\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C}}{\lambda(\lambda-2\alpha)+\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}\frac{1}{C}} \tag{239}$$

gesetzt worden ist.

Die Maxima und Minima von P kommen vor zu den Zeiten

$$t = \left(n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2}, \tag{240}$$

worin

$$\operatorname{tg}\psi - \beta = \frac{\lambda - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}}{\alpha^2 + \beta^2 - \alpha\lambda + (\lambda - \alpha)\dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}} \tag{241}$$

ist.

Was die Form der H-Curve betrifft, so gilt ähnliches mit dem am Ende des Art. 17 gesagten. Im Coordinatenanfangspunkte liegt ein Minimum von H.

22. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Exponentialachsen haben jetzt die in der Fig. 44 veranschaulichte Anordnung. Der Anfangswerth von P ist negativ, und der erste extreme Werth ein Maximum. Die H-Curve beginnt im Coordinatenanfangspunkte mit einem Minimum.

XI a. Anordnung wie im Abschn. XI; kleine Widerstände.

23. **Allgemeines.** Es werde jetzt vorausgesetzt, dass die Widerstände W, W_1 und W_2 so klein sind, dass man die Grösse

$$(W_1 + W_2)\, W_g = W W_1 + W W_2 + W_1 W_2$$

im Verhältniss zu $\frac{L_1}{C}$ und $\frac{L_2}{C}$ gleich Null setzen darf. Aus der Gl. (10) p. 292 folgt dann für Π die etwas vereinfachte Differentialgleichung

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W_2}{C L_1 L_2}(\Pi - E) = 0. \tag{242}$$

Für die Discriminante D ergiebt sich auf Grund der Kleinheit der Widerstände aus den Ausdrücken (46) $\cdots$ (50)

$$D = -4\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)^3 \frac{1}{C^3}. \tag{243}$$

Die Discriminante ist somit negativ und *die Ladung ein periodischer Vorgang.*

Man erhält ferner durch Auflösung der Gleichung (33) dritten Grades, mit den jetzt eintretenden Vereinfachungen

$$\begin{cases} \gamma = -\dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}, \\ \alpha = \dfrac{1}{2}\dfrac{(L_1 + L_2)^2\, W + L_2^2\, W_1 + L_1^2\, W_2}{L_1 L_2 (L_1 + L_2)}, \\ \beta = \sqrt{\dfrac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}}. \end{cases} \tag{244}$$

Zufolge der ersten dieser Gl. ist man jetzt auf den am Ende des Art. 1 betrachteten Specialfall zurückgekommen, in welchem der Stromkreis mit einem unverzweigten Stromkreise ersetzbar ist, was die Grössen Π und J betrifft. Beide Grössen führen regelmässig gedämpfte Sinusschwingungen aus. Ueberhaupt ist die Gl.

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$$

ein Zeichen dafür, dass die Exponentialachse, von welcher wir im Allgemeinen Gebrauch gemacht haben, sich zu einer geraden Linie erstreckt.

24. **Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen bekommen die Constanten F, G und H in dem Ausdrucke (39)

(39) $$\Pi = Fe^{-\lambda t} + e^{-\alpha t}\{G\cos\beta t + H\sin\beta t\} + E$$

die Werthe (siehe p. 328)

$$F = 0,$$

$$G = -\frac{2\alpha}{\beta^2 C} J_0 = -\frac{(L_1+L_2)^2 W + L_2^2 W_1 + L_1^2 W_2}{(L_1+L_2)^2} J_0,$$

$$H = \frac{J_0}{\beta C} = \sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1+L_2)}}\, J_0.$$

Es folgt somit

(245) $$\Pi = E - J_0 e^{-\alpha t}\left\{\left[\frac{(L_1+L_2)^2 W + L_2^2 W_1 + L_1^2 W_2}{(L_1+L_2)^2}\right]\cos\beta t - \sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1+L_2)}}\sin\beta t\right\},$$

und

(246) $$\begin{cases} J - C\dfrac{d\Pi}{dt} = J_0 e^{-\alpha t}\left\{\cos\beta t + \dfrac{1}{2}\dfrac{(L_1+L_2)^2 W + L_2^2 W_1 + L_1^2 W_2}{L_1 L_2 (L_1+L_2)}\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -J_0 e^{-\alpha t}\sqrt{\dfrac{L_1+L_2}{C L_1 L_2}}\sin\beta t. \end{cases}$$

Die Schwingungen von Π und J sind wie schon oben erwähnt regelmässig gedämpft. Es ist die Periode

(247) $$T = \frac{2\pi}{\beta} = 2\pi\sqrt{\frac{C L_1 L_2}{L_1+L_2}}$$

und das logaritmische Dämpfungsdecrement

(248) $$\alpha = \pi\frac{\alpha}{\beta} = \alpha\frac{T}{2} = \frac{\pi}{2}\left\{W + \left(\frac{L_2}{L_1+L_2}\right)^2 W_1 + \left(\frac{L_1}{L_1+L_2}\right)^2 W_2\right\}\sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1 L_2}\,C}.$$

Was Π und J betrifft, lässt sich die verzweigte Strombahn mit einer unverzweigten Strombahn ersetzen, deren Selbstinduktionscoefficient und Widerstand mit bezw. L und W' bezeichnet werden mögen. Man hat alsdann

BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY

(249) $$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

und

(250) $$W' = W + \frac{L_2^2 W_1 + L_1^2 W_2}{(L_1 + L_2)^2}.$$

Mit Anwendung eines von $\frac{\pi}{2}$ wenig verschiedenen Winkels ψ, welcher durch die Gl.

(251) $$\begin{cases} \sin\psi = 1, \\ \cos\psi = \frac{1}{2}\left\{W + \frac{L_2^2 W_1 + L_1^2 W_2}{(L_1 + L_2)^2}\right\}\sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}\,C} \end{cases}$$

bestimmt ist, erhält man als Ersatz der Formeln (245) und (246)

(252) $$\begin{cases} \Pi = E - J_0 e^{-\alpha t}\sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1 + L_2)}}\sin(\beta t + 2\psi), \\ J = J_0 e^{-\alpha t}\sin(\beta t + \psi), \\ \frac{dJ}{dt} = -J_0 e^{-\alpha t}\sqrt{\frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}}\sin\beta t, \end{cases}$$

welche Gl. für die Discussion von Π und J sehr bequem sind.

Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte an; dann kommt ein Maximum, ein Inflexionspunkt, ein Minimum u. s. w. Zu den Abscissen

(253) $$t' = \left(2n + 1 - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

gehören die Maxima

(254) $$\Pi_{\max} = E + J_0\sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1 + L_2)}}\,e^{-\alpha t'}.$$

und zu den Abscissen

(255) $$t'' = \left(2n - \frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots)$$

die Minima

(256) $$\Pi_{\min} = E - J_0\sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1 + L_2)}}\,e^{-\alpha t''}.$$

Die Maxima von J kommen vor zu den Zeiten

(257) $$t''' = n\,T \qquad (n = 0,\ 1,\ 2\cdots)$$

und sind

(258) $$J_{\max} = J_0 e^{-\alpha t'''},$$

die Minima zu den Zeiten

(259) $$t^{(4)} = \left(2n-1\right)\frac{T}{2} \qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

und haben die Werthe

(260) $$J_{\min} = -J_0 e^{-\alpha t^{(4)}}.$$

Den Werth E hat das Potential Π zu den Zeiten

(261) $$t^{(5)} = \left(n - 2\frac{\psi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

Wir unterlassen es hier die Stromstärken i_1 und i_2 in Betracht zu ziehen.

25. **Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen.** In der Formel (39)

(39) $$\Pi = Fe^{-\lambda t} + e^{-\alpha t}\left\{G\cos\beta t + H\sin\beta t\right\} + E$$

erhalten die Constanten F, G und H jetzt nach (226) die Werthe

$$F=0; \quad G=-E,$$

$$H=-\frac{\alpha}{\beta}E=$$

$$=-\frac{1}{2}\left\{W+\frac{L_2^2\,W_1+L_1^2\,W_2}{(L_1+L_2)^2}\right\}\sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1L_2}C}\,E.$$

Hiermit folgt

(262) $$\Pi = E\left\{1-e^{-\alpha t}\left(\cos\beta t+\frac{\alpha}{\beta}\sin\beta t\right)\right\},$$

und

(263) $$\begin{cases} J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = E\sqrt{\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}C}\,e^{-\alpha t}\sin\beta t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = E\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}e^{-\alpha t}\left\{\cos\beta t-\dfrac{\alpha}{\beta}\sin\beta t\right\}. \end{cases}$$

Mit den Bezeichnungen

(264) $$\begin{cases} \sin\varphi = \dfrac{\alpha}{\beta}, \\ \cos\varphi = 1 \end{cases}$$

ergiebt sich ferner

(265) $$\begin{cases} \Pi = E\left\{1-e^{-\alpha t}\cos(\beta t-\varphi)\right\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = E\sqrt{\dfrac{C(L_1+L_2)}{L_1L_2}}\,e^{-\alpha t}\sin\beta t, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = E\dfrac{L_1+L_2}{L_1L_2}e^{-\alpha t}\cos(\beta t+\varphi). \end{cases}$$

Diese Formeln sind ähnlich den Formeln (156) im Art. 15, I, p. 43 gebaut.

Die Schwingungen sind regelmässig gedämpft, und Periode und Decrement haben die pag. 339 angegebenen Werthe. Die Strombahn ersetzt sich in genau derselben Weise wie im Art. 1 mit einer unverzweigten Strombahn. Somit bestehen die Relationen (249) und (250).

Die Π-Curve fängt jetzt mit einem Minimum an. Zu den Zeiten

$$t' = (2n+1)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{266}$$

ist Π ein Maximum, und zwar hat man

$$\Pi_{\max} = E\left\{1 + e^{-\alpha t'}\right\}, \tag{267}$$

zu den Zeiten

$$t'' = 2n\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots) \tag{268}$$

ist Π ein Minimum, und hat die Werthe

$$\Pi_{\min} = E\left\{1 - e^{-\alpha t''}\right\}. \tag{269}$$

Für die Extreme der Stromstärke J ergiebt sich

$$\left\{\begin{array}{ll} t''' = \left(2n + \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}, & (n = 0, 1, 2\cdots) \\ J_{\max} = E\sqrt{\frac{C(L_1+L_2)}{L_1 L_2}}\, e^{-\alpha t'''}, & \\ t^{(4)} = \left(2n - \frac{1}{2} - \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2}, & (n = 1, 2, 3\cdots) \\ J_{\min} = -E\sqrt{\frac{C(L_1+L_2)}{L_1 L_2}}\, e^{-\alpha t^{(4)}}. & \end{array}\right. \tag{270}$$

Den Werth E hat das Potential Π zu den Zeiten

$$t^{(5)} = \left(n + \frac{1}{2} + \frac{\varphi}{\pi}\right)\frac{T}{2} \qquad (n = 0, 1, 2\cdots). \tag{271}$$

Die Stromstärken i_1 und i_2 lassen wir hier ausser Betracht.

XI b. Anordnung wie im Abschn. XI; ferner L_1 klein im Verhältniss zu L_2.

26. **Allgemeines.** In dem Grenzfalle $\frac{L_1}{L_2}=0$, welcher im Art. 4 p. 301 erwähnt worden ist, besitzt die Gl. (33) p. 296 eine unendlich grosse Wurzel. Die beiden übrigen Wurzeln genügen mit den p. 292 angegebenen Veränderungen der Bezeichnungen der Gl.

$$r^2-2a\,r+b=0\,,$$

worin $2a$ und b die Grössen (12) im Abschn. II p. 53 sind.

Nimmt man $\frac{L_1}{L_2}$ statt gleich Null so klein an, dass

$$\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2=0$$

zu setzen erlaubt ist, so besitzt die Gl. (33) die sehr grosse Wurzel

$$r=\lambda_1=\frac{W+W_1}{L_1}\left\{1-\frac{\frac{L_2}{C}-W^2}{(W_1+W)^2}\frac{L_1}{L_2}\right\}. \tag{272}$$

Die beiden übrigen Wurzeln gehören einer Gl. zweiten Grades an, welche man am besten berechnet, indem statt r der reciproke Werth $\varrho=\frac{1}{r}$ genommen wird. Es ergiebt sich

$$\varrho^2-\frac{C}{W_1+W_2}\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_2}{C}+\frac{W-W_2}{W_1+W}\frac{L_1}{C}\right\}\varrho+\frac{W_1+W}{W_1+W_2}CL_2\left\{1+\frac{W^2-\frac{L_2}{C}}{(W_1+W)^2}\frac{L_1}{L_2}\right\}=0. \tag{273}$$

Wegen des grossen Werthes von λ_1 ist das Glied

$$Fe^{-\lambda_1 t}$$

in der Formel 32 p. 296 klein, die Exponentialachse weicht sehr wenig von einer geraden Linie ab und der Vorgang unterscheidet sich nur schwach von dem im

Abschn. II untersuchten Vorgange, welcher den Grenzfall für $L_1 = 0$ darstellt. Mit wachsendem t nähert sich, wie ein Vergleich mit den Formeln 8 p. 53 zeigt, der Ladungsvorgang mehr und mehr dem Ladungsvorgange in einem unverzweigten Stromkreise mit der Capacität C, dem Selbstinduktionscoefficienten

$$L' = L_2 \frac{W_1 + W}{W_1 + W_2} \left\{ 1 + \frac{W^2 - \frac{L_2}{C}}{(W_1 + W)^2} \frac{L_1}{L_2} \right\} \tag{274}$$

und dem Widerstande

$$\begin{aligned} W' &= \frac{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2}{W_1 + W_2} + \frac{L_2}{C(W_1 + W_2)} + \frac{W - W_2}{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \frac{L_1}{C} \\ &= W_g + \frac{L_2}{C(W_1 + W_2)} + \frac{W - W_2}{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \frac{L_1}{C}. \end{aligned} \tag{275}$$

Die Gl. (273) hat zwei reelle Wurzeln und die Ladung ist aperiodisch, falls

$$\sqrt{\frac{L_2}{C}} < \left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(u)} \tag{276}$$ (A)

oder

$$\sqrt{\frac{L_2}{C}} > \left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(o)} \tag{277}$$ (B)

ist, wobei

$$\left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(u)} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{W^2 - \frac{L_2}{C}}{(W_1 + W)^2} \frac{L_1}{L_2} \right\} - W_1 \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{W^2}{W_1^2} \frac{W_1 + W_2}{W_1 + W} \frac{L_1}{L_2} - \frac{1}{2} \frac{L_1}{CW_1^2} \right\} \tag{278}$$

und

$$\left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(o)} = \sqrt{(W_1 + W)(W_1 + W_2)} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{W^2 - \frac{L_2}{C}}{(W_1 + W)^2} \frac{L_1}{L_2} \right\} + W_1 \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{W^2}{W_1^2} \frac{W_1 + W_2}{W_1 + W} \frac{L_1}{L_2} - \frac{1}{2} \frac{L_1}{CW_1^2} \right\} \tag{279}$$

gesetzt worden ist. Ist dagegen

$$\left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(u)} < \sqrt{\frac{L_2}{C}} < \left(\sqrt{\frac{L_2}{C}}\right)^{(o)}, \tag{280}$$

so besitzt die Gl. (273) zwei conjugirte imaginäre Wurzeln und die Ladung geschieht periodisch.

27. **Die periodische Ladung.** Wir beschränken uns auf die Berechnung der Schwingungszeit und des Decrementes der um die schwach gekrümmte Exponentialachse stattfindenden Schwingungen. Es ergiebt sich

$$T = \frac{2\pi}{\beta} = 2\pi \sqrt{\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}} \frac{\sqrt{L_2 C}\,(1 + \nu_1)}{\sqrt{1 - \frac{1}{4} \frac{W_1 + W_2}{W_1 + W} \frac{C}{L_2} \left(W + \frac{W_1 W_2 + \frac{L_2}{C}}{W_1 + W_2} \right)^2}}, \tag{281}$$

$$(282)\quad \alpha-\pi\frac{a}{\beta}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L_2}}\,\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2+\dfrac{L_2}{C}}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\,\frac{1+v_2}{\sqrt{1-\dfrac{1}{4}\dfrac{W_1+W_2}{W_1+W}\dfrac{C}{L_2}\left(W+\dfrac{W_1W_2+\dfrac{L_2}{C}}{W_1+W_2}\right)^2}},$$

worin

$$(283)\qquad 4\frac{L_2^2}{L_1C}(W_1+W)^3(W_1+W_2)\left\{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W_2}{W_1+W}\frac{C}{L_2}\left(W+\frac{W_1W_2+\dfrac{L_2}{C}}{W_1+W_2}\right)^2\right\}v_1=$$

$$\left(\frac{L_2}{C}\right)^3-(2W_1^2+WW_2+W_1W_2-WW_1)\left(\frac{L_2}{C}\right)^2+W\left[2WW_1^2+(2W_1+W)(WW_1+WW_2+W_1W_2)\right]\frac{L_2}{C}$$

$$-W^2(WW_1+WW_2+W_1W_2)^2$$

und

$$(284)$$

$$4\frac{L_2}{L_1}(W_1+W)^3(W_1+W_2)\left(WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_2}{C}\right)\left\{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W_2}{W_1+W}\frac{C}{L_2}\left(W+\frac{W_1W_2+\dfrac{L_2}{C}}{W_1+W_2}\right)^2\right\}v_2$$

$$=\left[2W_1W+(W_1+W)(W_1+W_2)\right]\left(\frac{L_2}{C}\right)^2+2\left\{(3W_1W-WW_2-W_1W_2-W_1^2)(WW_1+WW_2+W_1W_2)+\right.$$

$$\left.+W_1^2W(W+4W_1)\right\}\frac{L_2}{C}-2W^2(W_1+W)(W_1+W_2)(WW_1+WW_2+W_1W_2)$$

sind.

XI c. Anordnung wie im Abschn. XI; ferner der Widerstand W_2 gross.

28. **Allgemeines.** In dem Grenzfalle $W_2 = \infty$, von welchem im Art. 4 p. 301 die Rede ist, ist der Stromkreis unverzweigt und hat den Widerstand $W_1 + W$. Die Gl. (33) bekommt eine unendlich grosse Wurzel $r = \lambda_1$, und die beiden übrigen Wurzeln gehören der Gl.

$$r^2 - \frac{W_1 + W}{L_1} r + \frac{1}{CL_1} = 0 \tag{285}$$

an.

Wird W_2 statt unendlich gross so gross genommen, dass man

$$\left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 = 0 \quad \text{und} \quad \left(\frac{W}{W_2}\right)^2 = 0$$

setzen kann, so besitzt die Gl. (33) die grosse Wurzel

$$\lambda_1 = \frac{W_2}{L_2}\left(1 + \frac{W}{W_2}\right). \tag{286}$$

Für die reciproken Werthe der beiden übrigen Wurzeln berechnet man die Gl.

$$\varrho^2 - \varrho C\left\{W_1 + W + \frac{1}{W_2}\left(\frac{L_1}{C} - W_1^2\right)\right\} + CL_1\left\{1 + \frac{W - W_1}{W_2}\right\} = 0. \tag{287}$$

Ebenso wie in dem im Abschn. XI b betrachteten Falle ist die Exponentialachse sehr schwach gekrümmt und der Vorgang wenig verschieden von dem im Grenzfalle $W_2 = \infty$ stattfindenden Vorgange. Mit grosser Annäherung ist der verzweigte Stromkreis mit einem unverzweigten Stromkreise ersetzbar, für welchen man die Capacität C, den Selbstinduktionscoefficienten

$$L' = L_1\left\{1 + \frac{W - W_1}{W_2}\right\}, \tag{288}$$

und den Widerstand

$$W' = W_1 + W + \frac{1}{W_2}\left(\frac{L_1}{C} - W_1^2\right) \tag{289}$$

hat.

Die Ladung ist aperiodisch, falls

$$\sqrt{\frac{L_1}{C}} < \frac{1}{2}(W_1 + W)\left\{1 - \frac{1}{4}\frac{(W_1 - W)^2}{W_2(W_1 + W)}\right\} \tag{290}$$

ist, und periodisch, falls

$$\sqrt{\frac{L_1}{C}} > \frac{1}{2}(W_1 + W)\left\{1 - \frac{1}{4}\frac{(W_1 - W)^2}{W_2(W_1 + W)}\right\} \tag{291}$$

ist.

29. **Periodische Ladung.** Für die Schwingungen um die schwach gekrümmte Exponentialachse, auf welche der Selbstinduktionscoefficient L_2 Einfluss hat, berechnen sich folgende Periode und folgendes Decrement, welche beide von L_2 unabhängig sind.

$$T = \frac{2\pi\sqrt{L_1 C}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L_1}(W_1 + W)^2}}\left\{1 + \frac{1}{4W_2}\frac{(3W - W_1)\frac{L_1}{C} - W^2(W_1 + W)}{\frac{L_1}{C} - \frac{1}{4}(W_1 + W)^2}\right\}, \tag{292}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}\frac{(W_1 + W)\sqrt{\frac{C}{L_1}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L_1}(W_1 + W)^2}}\left\{1 + \frac{\frac{L_1}{C}\left\{2\frac{L_1}{C} - W^2 - W_1^2\right\}}{2W_2(W_1 + W)\left\{\frac{L_1}{C} - \frac{1}{4}(W_1 + W)^2\right\}}\right\}. \tag{293}$$

XII. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion im unverzweigten Theile und parallel dem Condensator.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Denkt man sich bei der in der Fig. 42 veranschaulichten Anordnung die Stromquelle E aus demjenigen Theile des Stromkreises, dessen Widerstand W ist, herausgehoben und in den Zweig mit dem Widerstande W_1 verlegt, so erhält man die in der Fig. 45 veranschaulichte Anordnung.

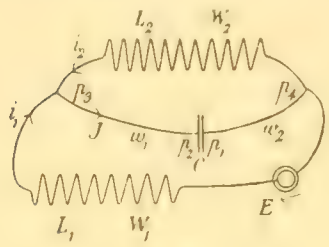


Fig. 45.

Die Differentialgleichung für das Potential Π kann sich nur durch das rechte, E enthaltende Glied von der Differentialgleichung (10) p. 292 unterscheiden. Das rechte Glied bestimmt sich dadurch, dass der Werth des Potentiales $\Pi = p_2 - p_1$ in dem schliesslichen stationären Zustande gleich

$$\frac{W_2}{W_1 + W_2} E \tag{1}$$

ist. Man erhält somit, indem noch $w_1 + w_2 = W$ genommen wird,

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1L_2} + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\right\}\frac{d\Pi}{dt} +$$

$$\frac{W_1 + W_2}{CL_1L_2}\Pi = \frac{W_2}{CL_1L_2}E$$

Wenn speciell die Bedingung

$$W_1L_2 - W_2L_1 = 0 \tag{3}$$

erfüllt ist, so gilt die Differentialgleichung zweiter Ordnuug

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(W + \frac{W_1W_2}{W_1 + W_2}\right)\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\Pi = \frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)\frac{W_2}{W_1 + W_2}E, \tag{4}$$

und der ganze Stromkreis lässt sich, was Π und J betrifft, mit einem unverzweigten Stromkreise ersetzen, derart dass die Zweige mit den Widerständen W_1

und W_2 mit einem Bahnstücke mit dem Widerstande $\frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}$, dem Selbstinduktionscoefficienten $\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ und der elektromotorischen Kraft $\frac{W_2}{W_1 + W_2} E$ ersetzt werden. Für das nähere Studium von Π und J braucht man dann nur auf die Untersuchungen im Abschn. I zurückzugehen.

In dem allgemeinen Falle, in welchem also die Relation (3) nicht besteht, hat man für die Untersuchung von Π und J nur auf Abschn. XI zurückzugehen, wobei statt E überall $\frac{W_2}{W_1 + W_2} E$ zu nehmen ist.

2. **Die Stromstärken i_1 und i_2.** Ähnlicherweise wie im Art. 1, XI erhält man zur Bestimmung von i_1 und i_2 die Gleichungen

$$(5)\quad \begin{cases} (W_2 L_1 - W_1 L_2)\, i_1 = L_1 L_2 C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \{(W + W_2) L_1 + W L_2\} C \frac{d\Pi}{dt} + (L_1 + L_2)\Pi - L_2 E, \\ -(W_2 L_1 - W_1 L_2)\, i_2 = L_1 L_2 C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \{W L_1 + (W + W_1) L_2\} C \frac{d\Pi}{dt} + (L_1 + L_2)\Pi - L_2 E. \end{cases}$$

In dem speciellen Falle, in welchem die Relation (3) besteht, ergiebt sich jetzt

$$(6)\quad L_1 \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} + W_1 i_1 - W_2 i_2 = E.$$

Setzt man

$$(7)\quad \frac{W_1}{L_1} = \frac{W_2}{L_2} = k = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2},$$

so folgt

$$(8)\quad \frac{d}{dt}(W_1 i_1 - W_2 i_2) + k(W_1 i_1 - W_2 i_2) = kE$$

und durch Integration

$$(9)\quad W_1 i_1 - W_2 i_2 = A e^{-kt} + E.$$

Durch Combination mit der Gl.

$$(10)\quad i_1 + i_2 = C \frac{d\Pi}{dt}$$

berechnet man hieraus

$$(11)\quad \begin{cases} (W_1 + W_2)\, i_1 = W_2 C \frac{d\Pi}{dt} + E + A e^{-kt}, \\ (W_1 + W_2)\, i_2 = W_1 C \frac{d\Pi}{dt} - E - A e^{-kt}. \end{cases}$$

Der Werth von A hängt von den Anfangsbedingungen ab, und A ist jetzt nicht immer gleich Null, wie im Abschn. XI, Art. 1. Für die erste Wahl der Anfangsbedingungen hat man für $t = 0$

(12) $$E = W_1 i_1 - W_2 i_2 ,$$

somit $A = 0$, für eine zweite Wahl dagegen, bei welcher vorausgesetzt würde, dass der Zweig W_1 zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen würde

$$i_1 - i_2 = 0$$

und

$$A = -E .$$

Wenn man dagegen den Zweig mit dem Widerstande W zuerst offen hielte und zur Zeit $t = 0$ plötzlich schliessen würde, so hätte man

$$i_1 = -i_2 = \frac{E}{W_1 + W_2}$$

und erhielte wieder $A = 0$.

Für die Vertheilung der Stromstärken folgt, wenn $A = 0$ ist,

(13) $$i_1 = \frac{E + W_2 J}{W_1 + W_2}; \quad i_2 = \frac{-E + W_1 J}{W_1 + W_2}$$

genau als ob L_1 und L_2 gleich Null wären.

Wir verzichten auf eine mehr eingehende Discussion des in diesem Abschn. betrachteten Ladungsfalles. Es kann das hierzu erforderliche ohne Schwierigkeiten nach Muster der im Absch. XI geführten Untersuchungen geschaffen werden.

XIII. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem unverzweigten Theile und in dem einen Zweige.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Es sei die Anordnung des Stromkreises die in der Fig. 46 veranschaulichte. Mit den Bezeichnungen in der Figur erhält man dann

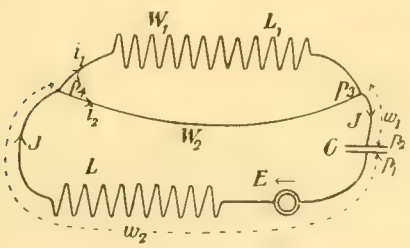


Fig. 46.

$$(1)\qquad \begin{cases} p_4 - p_3 - L_1 \dfrac{di_1}{dt} = W_1 i_1, \\ p_4 - p_1 = W_2 i_2, \\ p_1 - p_4 + E - L \dfrac{dJ}{dt} = w_2 J, \\ p_3 - p_2 = w_1 J, \\ J = i_1 + i_2 = C \dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}. \end{cases}$$

Setzt man

$$(2)\qquad p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P;$$

$$(3)\qquad w_1 + w_2 = W,$$

so folgt

$$(4)\qquad \begin{cases} P + L_1 \dfrac{di_1}{dt} + W_1 i_1 = 0, \\ P + W_2 i_2 = 0, \\ \Pi - P + L \dfrac{dJ}{dt} + WJ = E, \\ J = i_1 + i_2 = C \dfrac{d\Pi}{dt}, \end{cases}$$

und nach Elimination von P

$$(5)\quad \begin{cases} L_1 \dfrac{di_1}{dt} + W_1 i_1 - W_2 i_2 = 0, \\ L \dfrac{dJ}{dt} + WJ + W_2 i_2 = E - \Pi, \\ J = i_1 + i_2 = C \dfrac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Hieraus berechnet man ferner

$$(6)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{1}{W_2} \left\{ LC \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + (W + W_2) C \dfrac{d\Pi}{dt} + (\Pi - E) \right\}, \\ i_2 = -\dfrac{1}{W_2} \left\{ LC \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + WC \dfrac{d\Pi}{dt} + (\Pi - E) \right\}. \end{cases}$$

Schliesslich erhält man für Π die Differentialgleichung

$$(7)\quad \frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(\frac{W_1 + W}{L} + \frac{W_2 + W_1}{L_1} \right) \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(\frac{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2}{LL_1} + \frac{1}{LC} \right) \frac{d\Pi}{dt} + \\ + \frac{W_1 + W_2}{CLL_1} (\Pi - E) = 0.$$

2. **Anfangsbedingungen.** Die erste Art von Anfangsbedingungen ergiebt sich, indem die Condensatorpole mit einem Widerstande w verbunden werden, welchen man zur Zeit $t = 0$ bricht. Man berechnet dann als Anfangswerthe, für $t = 0$,

$$(8)\quad \begin{cases} \Pi = \Pi_0 = -\dfrac{w}{W + w + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}} E = \dfrac{w}{W_g + w} E, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E}{C \left\{ W + w + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \right\}} = \dfrac{E}{(W_g + w) C}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{J_0}{LC^2} = -\dfrac{1}{LC^2} \dfrac{E - \Pi_0}{W_g}. \end{cases}$$

$$(9)\quad \begin{cases} J = J_0 = \dfrac{E}{W + w + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}} = \dfrac{E}{W_g + w}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(10)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(11)\qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0. \end{cases}$$

Die *II*-Curve fängt stets mit einem Inflexionspunkte an.

Eine zweite Art von Anfangsbedingungen soll auch hier in Betracht gezogen werden, wobei das Bahnstück mit dem Widerstande W zuerst offen ist und zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen wird. Dann hat man, für $t = 0$,

$$(12)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{LC}, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{W + W_2}{CL^2} E. \end{cases}$$

$$(13)\qquad \begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(15)\qquad \begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

Die *II*-Curve fängt mit einem Minimum an.

3. **Charakter der Ladung.** Das allgemeine Integral der Diff.-Gl. (7) hat die Form

$$(16)\qquad \Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E,$$

worin λ_1, λ_2 und λ_3 die Wurzeln der Gl. dritten Grades

$$r^3 - \left(\frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}\right)r^2 + \left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\frac{1}{LC}\right)r - \frac{W_1+W_2}{CLL_1} = 0 \tag{17}$$

sind. Mit den Bezeichnungen

$$\begin{cases} A = \dfrac{W_2+W}{L}+\dfrac{W_2+W_1}{L_1}, \\ B = \dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\dfrac{1}{LC}, \\ C = \dfrac{W_1+W_2}{CLL_1} \end{cases} \tag{18}$$

ist diese Gl.

$$r^3 - Ar^2 + Br - C = 0. \tag{19}$$

Für die Discriminante D berechnet man mittels der Formel (36), XI, p. 296

$$D = K_0 + \frac{K_1}{C}+\frac{K_2}{C^2}+\frac{K_3}{C^3}, \tag{20}$$

worin

$$K_0 = \left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}\right)^2\left\{\left[\frac{W_2+W}{L}-\frac{W_2+W_1}{L_1}\right]^2+\frac{4W_2^2}{LL_1}\right\}, \tag{21}$$

$$\begin{aligned} K_1 = {} & 6\,\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L^2L_1^2}\left\{\frac{(W_2+W)(W_2+W_1)+2W_2^2}{L}+3\,\frac{(W_1+W_2)^2}{L_1}\right\} \\ & -\frac{2}{LL_1}\left(\frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}\right)^2\left\{\frac{(W_2+W)(W_2+W_1)+W_2^2}{L}+2\,\frac{(W_1+W_2)^2}{L_1}\right\}, \end{aligned} \tag{22}$$

$$K_2 = \frac{1}{L^2}\left\{\frac{(W_2+W)^2}{L^2}+4\,\frac{2(W_2+W)(W_2+W_1)+3W_2^2}{LL_1}-8\,\frac{(W_1+W_2)^2}{L_1^2}\right\}, \tag{23}$$

$$K_3 = -\frac{4}{L^3} \tag{24}$$

sind.

Einer positiven Discriminante D entspricht aperiodische, einer negativen Discriminante D periodische Ladung.

Wenn D positiv ist, so sind λ_1, λ_2 und λ_3 reel und positiv, und werden in der Reihenfolge

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0 \tag{25}$$

genommen. Man hat asldann

$$(26)\qquad \begin{cases} \lambda_1+\lambda_2+\lambda_3=\dfrac{W_2+W}{L}+\dfrac{W_2+W_1}{L_1}, \\ \lambda_1\lambda_2+\lambda_2\lambda_3+\lambda_3\lambda_1=\dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\dfrac{1}{LC}, \\ \lambda_1\lambda_2\lambda_3=\dfrac{W_1+W_2}{CLL_1}. \end{cases}$$

Wenn D negativ ist, so giebt es eine positive reelle Wurzel λ und zwei conjugirte imaginäre Wurzeln $\alpha+i\beta$ und $\alpha-i\beta$ mit dem positiven reellen Theile α. Die Lösung der Diff.-Gl. (7) hat dann die Form

$$(27)\qquad \Pi=Fe^{-\lambda t}+e^{-\alpha t}\{G\cos\beta t+H\sin\beta t\}+E,$$

worin F, G und H reelle Constanten bedeuten, und es bestehen die Relationen

$$(28)\qquad \begin{cases} \lambda+2\alpha=\dfrac{W_2+W}{L}+\dfrac{W_2+W_1}{L_1}, \\ 2\alpha\lambda+\alpha^2+\beta^2=\dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\dfrac{1}{LC}, \\ \lambda(\alpha^2+\beta^2)=\dfrac{W_1+W_2}{CLL_1}. \end{cases}$$

Was die Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung betrifft, so gilt analoges mit dem im Art. 4, XI gefundenen.

Eine Discussion der Gl.

$$(29)\qquad D=0$$

ist in ganz derselben Weise wie im Art. 4, XI zu führen, weshalb dieselbe hier übergangen wird.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Bei positiver Discriminante D sind die Constanten F, G und H in der Formel (16)

$$(16)\qquad \Pi=Fe^{-\lambda_1 t}+Ge^{-\lambda_2 t}+He^{-\lambda_3 t}+E$$

reel. Zur Constantenbestimmung erhält man auch hier das Gleichungssystem (66), p. 302 mit der Auflösung (68), p. 303. Macht man dann von den Relationen (26) oben Gebrauch, so ergiebt sich

$$(30)\qquad \begin{cases} F = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{1}{C^2 L} \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2}, \\ G = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{1}{C^2 L} \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2}, \\ H = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{1}{C^2 L} \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2}. \end{cases}$$

Mit Anwendung dieser Werthe bildet man aus (16)

$$(31)\qquad \begin{aligned} \Pi = \frac{J_0}{\sqrt{D}} \frac{1}{C^2 L} \Big\{ &\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2} e^{-\lambda_2 t} + \\ &+ \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2} e^{-\lambda_3 t} \Big\} + E. \end{aligned}$$

Durch Differentiation folgt

$$(32)\qquad \begin{cases} J = C \dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{1}{CL} \Big\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \\ \qquad\qquad + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \Big\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{1}{CL} \Big\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \\ \qquad\qquad + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}\right) (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \Big\}. \end{cases}$$

Als Formeln für die Stromstärken i_1 und i_2 berechnet man hieraus mittels der Gl. (6) und der Gl. (17), oder auch direct aus den Anfangswerthen, für $t = 0$,

$$(33)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = 0, \end{cases}$$

$$(34)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{W_2}{CLL_1} \Big\{ \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \Big\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{W_2}{CLL_1} \Big\{ (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \Big\}, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{W_2}{CLL_1} \Big\{ (\lambda_2 - \lambda_3) \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_3 - \lambda_1) \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + (\lambda_1 - \lambda_2) \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} \Big\}. \end{cases}$$

Ebenso folgt

$$(35)\quad \begin{cases} i_2 = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{LC}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{LC}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{d^2i_2}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{LC}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\qquad \left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Hier möge noch der für $t=0$ geltende Werth

$$(36)\quad \frac{d^2i_2}{dt^2} = -\frac{J_0}{LC}$$

angeführt werden.

In ähnlicher Weise wie im Art. 6, XI zeigt man, dass sich Π verschieden verhält, je nachdem die Ungleichheit

$$(37)\quad (A)\qquad \lambda_3 < \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

oder die Ungleichheit

$$(38)\quad (B)\qquad \lambda_3 > \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

erfüllt ist. In dem Falle (A) existirt es keine positive Wurzel der Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0,$$

d. h. der Gl.

$$(39)\quad \begin{aligned} &\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+ \\ &+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0, \end{aligned}$$

in dem Falle (B) existirt es eine solche Wurzel t_3. In dem ersten Falle hat auch die Gl.

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$(40)\quad \begin{aligned} &\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+ \\ &+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \end{aligned}$$

keine positive Wurzel, in dem Falle (B) dagegen eine solche Wurzel t_4, welche grösser als t_3 ist.

Die Gl.

$$\frac{di_1}{dt}=0,$$

d. h.

$$(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{41}$$

hat keine positive endliche Wurzel, und die Gl.

$$\frac{d^2i_1}{dt^2}=0$$

oder

$$(\lambda_2-\lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{42}$$

hat immer eine positive endliche Wurzel t_{12}.

Die Anzahl der positiven Wurzeln der Gl.

$$\frac{di_2}{dt}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0, \tag{43}$$

und der Gl.

$$\frac{d^2i_2}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0, \tag{44}$$

hängt davon ab, ob die Ungleichheit

$$\lambda_3<\frac{W_1}{L_1} \tag{45}$$

oder die Ungleichheit

$$\lambda_3>\frac{W_1}{L_1} \tag{46}$$

befriedigt ist.

Besteht die Ungl. (45), so hat die Gl. (43) keine positive endliche Wurzel, und die Gl. (44) eine solche Wurzel t_{21}. Besteht dagegen die Ungl. (46), so besitzt die Gl. (43) eine positive endliche Wurzel t_{22} und die Gl. (44) zwei solche Wurzeln t_{21} und t_{23}. Die Reihenfolge ist dabei

$$0<t_{21}<t_{22}<t_{23}<\infty. \tag{47}$$

5. **Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.**

a) *Die Grössen* Π, J *und* $-L\frac{dJ}{dt}$. Es wächst jetzt Π beständig, von dem Werthe Π_0, für $t=0$, bis zu dem Werthe E, für $t=\infty$. Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte an, und kein zweiter Inflexionspunkt kommt vor.

Die Stromstärke J nimmt von dem Anfangswerthe

$$J_0=\frac{E-\Pi_0}{W_g} \tag{48}$$

bis zu Null ab. Die J-Curve beginnt mit einem Maximum und besitzt einen Inflexionspunkt, dessen Abscisse t_5 eine Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{49}$$

ist.

Die induktionselektromotorische Kraft $-L\frac{dJ}{dt}$ ist gleich Null für $t=0$ und $t=\infty$, übrigens immer positiv und zeigt für $t=t_5$ das Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_5}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_5}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_5}\right\}. \tag{50}$$

b) *Die Grössen* i_1 *und* $-L_1\frac{di_1}{dt}$. Die Stromstärke i_1 verändert sich beständig in demselben Sinne, und zwar abnehmend von dem Anfangswerthe $\frac{W_2}{W_1+W_2}J_0$ zu dem Endwerthe Null. Der Anfangswerth ist ein Maximum der i_1-Curve. Für $t=t_{12}$ zeigt die Curve einen Inflexionspunkt.

Die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$, welche die elektromotorische Kraft der Induction in dem Zweige mit dem Widerstande W_1 darstellt, wächst von Null an, erreicht zur Zeit t_{12} das Maximum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max}=\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{W_2}{CL}\left\{(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{12}}+(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{12}}+(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}, \tag{51}$$

und nimmt dann ab, um für $t=\infty$ gleich Null zu werden.

(c *Die Stromstärke* i_2. Es kommen die beiden Fälle

$$\lambda_3 < \frac{W_1}{L_1} \tag{52}$$

und

$$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1} \tag{53}$$

in Betracht. In dem Falle (52) nimmt i_2 beständig ab, und zwar von dem Anfangswerthe $\frac{W_1}{W_1+W_2}J_0$, welcher ein Maximum ist, bis zu dem Endwerthe Null, für $t=\infty$.

In dem Falle (53) nimmt i_2 von dem Maximum $\frac{W_1}{W_1+W_2}J_0$, für $t=0$, ab, wird gleich Null zu einer Zeit t_{22}', welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{54}$$

ist, nimmt weiter ab, erreicht zur Zeit t_{22} das negative Minimum

$$(i_2)_{\min}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{LC}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{22}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{22}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{22}}\right\} \tag{55}$$

und wächst dann, bis zu dem Endwerthe Null, für $t=\infty$.

6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.

a) *Die Grössen* Π, J *und* $-L\frac{dJ}{dt}$. Es wächst jetzt das Potential Π von dem Anfangswerthe Π_0 zu dem der Zeit t_3 angehörenden Maximum

$$\Pi_{\max}=E+\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C^2L}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_3}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_3}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_3}\right\}. \tag{56}$$

und nimmt dann bis zu E ab, welcher Werth mit $t=\infty$ erreicht wird. Für $t=0$ hat man einen Inflexionspunkt der Π-Curve, und ein zweiter Inflexionspunkt mit der Abscisse t_4 liegt zwischen t_3 und ∞.

Die Stromstärke J nimmt von dem $t=0$ entsprechenden positiven Werthe J_0 ab, wird für $t=t_3$ Null, nimmt weiter ab, erreicht zur Zeit t_4 das Minimum

$$J_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{CL}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_4} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_4} + \right.$$

(57)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_4}\right\},$$

und wächst dann zu dem Endwerthe Null. Der Werth J_0 ist ein Maximum. Zwischen 0 und t_4 liegt ein Inflexionspunkt der J-Curve, mit der Abscisse t_2, welcher Werth eine Wurzel der Gl. (49) ist. Eine zweite Wurzel derselben Gleichung ist t_5.

Die Grösse $-L\frac{dJ}{dt}$ nimmt von Null an bis zu dem der Zeit t_2 angehörenden Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_2} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_2} - \right.$$

(58)

$$\left. - \left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_2}\right\}$$

zu, nimmt dann ab, wird gleich Null für $t = t_4$, nimmt weiter ab, erreicht für $t = t_5$ das negative Minimum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}\frac{1}{C}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_5} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_5} + \right.$$

(59)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_5}\right\},$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null.

b) *Die Grössen i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$.* Diese Grössen verhalten sich gleich wie im Falle (A).

c) *Die Stromstärke i_2.* Weil im dem Falle (B) stets

$$\lambda_3 > \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

ist, so folgt auch

$$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1},$$

und man schliesst hieraus, dass die Stromstärke i_2 sich ebenso verhält wie im Falle (A), wenn die Bedingung (53) erfüllt ist.

7. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G und H in der Formel (16) hat man jetzt die Gleichungen

$$(60)\qquad \begin{cases} F+G+H=-E \\ F\lambda_1+G\lambda_2+H\lambda_3=0, \\ F\lambda_1^2+G\lambda_2^2+H\lambda_3^2=\dfrac{E}{LC}. \end{cases}$$

Durch Auflösung findet man mit Beachtung der letzten Formel (26)

$$(61)\qquad \begin{cases} F=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{CL}\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}, \\ G=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{CL}\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}, \\ H=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{CL}\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}. \end{cases}$$

Alsdann folgt

$$(62)\qquad \begin{cases} \Pi=E+\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{CL}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\qquad \left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ J-C\dfrac{d\Pi}{dt}=-\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\qquad \left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\qquad \left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Ferner berechnet man für i_1 und i_2:

$$(63)\qquad \begin{cases} i_1=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{W_2}{LL_1}\left\{(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt}=-\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{W_2}{LL_1}\left\{(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2}=\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{W_2}{LL_1}\left\{(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$
(64)\quad
\begin{cases}
i_2 = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\},\\[2ex]
\dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+\right.\\
\qquad\left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\},\\[2ex]
\dfrac{d^2 i_2}{dt^2} = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t}\right.\\
\qquad\left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t}\right\}.
\end{cases}
$$

Bei der Discussion von H und J sind die beiden Fälle

$$
(65)\quad (A)\qquad \lambda_3 < \frac{W_1+W_2}{L_1}
$$

und

$$
(66)\quad (B)\qquad \lambda_3 > \frac{W_1+W_2}{L_1}
$$

von einander zu unterscheiden. Man zeigt in derselben Weise wie im Art. 6, XI, dass die Gl.

$$
(67)\qquad \frac{dH}{dt}=0,
$$

d. h.

$$
(68)\quad
\begin{aligned}
&\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\\
&\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0
\end{aligned}
$$

in dem Falle (A) keine endliche positive Wurzel besitzt. In dem Falle (B) existirt eine solche Wurzel t_4. Die Gl.

$$
(69)\qquad \frac{d^2H}{dt^2}=0,
$$

d. h.

$$
(70)\quad
\begin{aligned}
&\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+\\
&\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0,
\end{aligned}
$$

hat in dem Falle (A) eine zwischen 0 und ∞ gelegene Wurzel t_2. In dem Falle (B) liegt diese Wurzel t_2 zwischen 0 und t_4, und es giebt ausserdem eine Wurzel t_5 zwischen t_4 und ∞.

Die Gl.

$$\frac{di_1}{dt}=0$$

d. h.

$$(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{71}$$

hat immer eine positive endliche Wurzeln t_{12} und die Gl.

$$\frac{d^2 i_1}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{72}$$

immer zwei positive endliche Wurzeln t_{11} und t_{13}. Es besteht die Reihenfolge

$$0<t_{11}<t_{12}<t_{13}<\infty. \tag{73}$$

Wenn die Ungleichheit

$$\lambda_3<\frac{W_1}{L_1} \tag{74}$$

erfüllt ist, so hat nach p. 358 die Gl.

$$\frac{di_2}{dt}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{75}$$

eine positive endliche Wurzel t_{21}. Hat man dagegen

$$\lambda_3>\frac{W_1}{L_1}, \tag{76}$$

so besitzt die Gl. (75) zwei Wurzeln t_{21} und t_{23} zwischen 0 und ∞.

8. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.

a) *Die Grössen H, J und $-L\frac{dJ}{dt}$.* Es nimmt das Potential H beständig zu, von dem Anfangswerthe Null zu dem Endwerthe E. Die H-Curve fängt mit einem Minimum an und besitzt einen Inflexionspunkt mit der Abscisse t_2.

Die Stromstärke J nimmt von Null an zu dem zur Zeit t_2 erfolgenden Maximum

$$J_{\max}=-\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_2}+\left(\lambda_2-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_2}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_2}\right| \tag{77}$$

zu, um dann allmählig bis Null abzunehmen. Die J-Curve ist anfangs konkav gegen die Achse der Abscissen. Sie besitzt deshalb nur einen zwischen t_2 und ∞ gelegenen Inflexionspunkt t_3, welcher durch die Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t} + \\ + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{78}$$

bestimmt wird.

Die elektromotorische Kraft $-L\frac{dJ}{dt}$ der Induktion in dem unverzweigten Theile der Strombahn hat für $t = 0$ den Werth $-E$, wächst algebraisch, wird gleich Null für $t = t_2$, wächst ferner, erreicht zur Zeit t_3 das Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\Big\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_3} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_3} + \\ + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_3}\Big| \tag{79}$$

und nimmt dann bis Null ab.

b) *Die Grössen i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$.* Die Stromstärke i_1 wächst von dem Anfangswerthe Null, welcher ein analytisches Minimum darstellt, erreicht zur Zeit t_{12} das Maximum

$$(i_1)_{\max} = \frac{E}{\sqrt{D}}\frac{W_2}{L L_1}\Big\{(\lambda_2 - \lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{12}} + (\lambda_3 - \lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{12}} + (\lambda_1 - \lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{12}}\Big| \tag{80}$$

und nimmt dann ab, bis zu Null, welcher Werth für $t = \infty$ folgt. Die i_1-Curve hat zwei Inflexionspunkte, mit den Abscissen t_{11} und t_{13}.

Die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$ ist gleich Null für $t = 0$, nimmt ab, zeigt zur Zeit t_{11} das Minimum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\min} = \frac{E}{\sqrt{D}}\frac{W_2}{L}\Big\{(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_{11}} + (\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_{11}} + (\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_{11}}\Big|, \tag{81}$$

wächst dann, wird gleich Null für $t = t_{12}$, wächst ferner und erreicht zur Zeit t_{13} das Maximum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max} = \frac{E}{\sqrt{D}}\frac{W_2}{L}\Big\{(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_{13}} + (\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_{13}} + (\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_{13}}\Big| \tag{82}$$

und nimmt dann zu dem Endwerthe Null ab, welcher der Zeit $t = \infty$ angehört.

Bei der Discussion von i_2 werde zuerst angenommen, dass die Bedingung (74) erfüllt ist. Alsdann wächst i_2 von dem Anfangswerthe Null, für $t=0$, bis zu dem der Zeit t_{21} entsprechenden Maximum

$$(i_2)_{\max} = -\frac{E}{D}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{21}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{21}} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{21}}\right\}, \tag{83}$$

nimmt dann ab und wird gleich Null für $t=\infty$.

Besteht dagegen die Ungleichheit (76), so wächst i_2 von Null an bis zu dem Maximum (83), nimmt ab, wird gleich Null zu einer Zeit t_{22}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{84}$$

ist, nimmt weiter ab, zeigt für $t=t_{23}$ das Minimum

$$(i_2)_{\min} = -\frac{E}{D}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{23}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{23}} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{23}}\right\}, \tag{85}$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null.

9. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.

a) *Die Grössen* Π, J *und* $-L\frac{dJ}{dt}$. Jetzt wächst Π von Null an zu dem zur Zeit t_4 erfolgenden Maximum

$$\Pi_{\max} = E - \frac{E}{D}\frac{1}{C}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_4} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_4} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_4}\right\} \tag{86}$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe E ab. Die Π-Curve fängt mit einem Minimum an. Inflexionspunkte hat man für die Abscissen t_2 und t_5.

Die Stromstärke J wächst von Null zu dem für $t = t_2$ hervorgehenden Maximum

$$J_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\, e^{-\lambda_1 t_2} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\, e^{-\lambda_2 t_2} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\, e^{-\lambda_3 t_2}\right\}, \tag{87}$$

nimmt dann ab, wird gleich Null für $t = t_4$ und erreicht zur Zeit t_5 das negative Minimum

$$J_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\frac{1}{L}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\, e^{-\lambda_1 t_5} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\, e^{-\lambda_2 t_5} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\, e^{-\lambda_3 t_5}\right\}, \tag{88}$$

wächst wieder und wird Null für $t = \infty$. Die J-Curve hat einen Inflexionspunkt mit einer Abscisse t_3, zwischen t_2 und t_4, und einen Inflexionspunkt mit einer Abscisse t_6, zwischen t_5 und ∞.

Die Grösse $-L\frac{dJ}{dt}$ hat für $t = 0$ den Werth $-E$, wächst algebraisch, wird Null für $t = t_2$, erreicht für $t = t_3$ das Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_3} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_3} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_3}\right\}, \tag{89}$$

nimmt ab, wird wieder Null für $t = t_5$, besitzt zur Zeit t_6 das Minimum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\,\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_6} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\,\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_6} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\,\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_6}\right\} \tag{90}$$

und wächst von da zu dem schliesslichen Werthe Null.

b) *Die Grössen i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$.* Diese beide Grössen zeigen dasselbe Verhalten wie im Falle (A).

c) *Die Stromstärke i_2.* Es ist jetzt die Bedingung (76) immer erfüllt, und die Stromstärke i_2 verhält sich wie für diesen Fall unter (A) beschrieben worden ist, besitzt also ein Maximum und ein Minimum.

10. **Unmöglichkeit einer Wurzel $\frac{W_1+W_2}{L_1}$.** Aus einer Annahme, dass eine Wurzel λ der cubischen Gl. (17) gleich $\frac{W_1+W_2}{L_1}$ wäre, würden sich, indem die beiden andern Wurzeln mit λ' und λ'' bezeichnet werden, die Gleichungen

$$(91)\qquad \begin{cases} \lambda'+\lambda''=\dfrac{W+W_2}{L}, \\ \lambda'\lambda''+(\lambda'+\lambda'')\dfrac{W_1+W_2}{L_1}=\dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\dfrac{1}{LC}, \\ \lambda'\lambda''=\dfrac{1}{CL} \end{cases}$$

ergeben. Man findet durch Elimination von λ' und λ'', dass diese Gleichungen nicht mit einander vereinbar sind. Es existirt also jetzt kein specieller Fall von aperiodischer Ladung, ähnlich dem im Abschnitt XI betrachteten.

11. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G und H in dem Ausdrucke

$$(92)\qquad \Pi=Fe^{-\lambda t}+e^{-\alpha t}\{G\cos\beta t+H\sin\beta t\}+E$$

hat man die Gl.

$$(93)\qquad \begin{cases} F+G=-W_gJ_0, \\ F\lambda+G\alpha-H\beta=-\dfrac{J_0}{C}, \\ F\lambda^2+G(\alpha^2-\beta^2)-2H\alpha\beta=0. \end{cases}$$

Bei der Auflösung erhält man, mit Anwendung der Formeln (28)

$$(94)\qquad \begin{cases} F=-\dfrac{W_gJ_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\alpha^2+\beta^2-\dfrac{2\alpha}{W_gC}\right\}=\dfrac{J_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\dfrac{1}{C^2L}\left(\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{1}{\lambda^2}, \\ G=-\dfrac{W_gJ_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2\alpha)+\dfrac{2\alpha}{W_gC}\right\}, \\ H\quad -\dfrac{W_gJ_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{\lambda(\beta^2-\alpha^2+\alpha\lambda)}{\beta}+\dfrac{\alpha^2-\beta^2-\lambda^2}{\beta}\dfrac{1}{W_gC}\right\}. \end{cases}$$

Hiermit folgt

$$\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}(\Pi-E)=\frac{J_0}{C^2L}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}$$

(95)

$$-W_g J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\frac{2a}{W_g C}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\frac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{W_g C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},$$

und durch Differentation, indem man noch von den Formeln (28) Gebrauch macht,

$$\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}J=-\frac{J_0}{CL}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda}+$$

(96)

$$+J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda^2-2a\lambda+\frac{1}{CL}\right]\cos\beta t+\left[\frac{(W_1+W_2)W_g}{LL_1}\lambda-a\left(\lambda^2+2a\lambda-\frac{1}{CL}\right)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},$$

$$\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{dJ}{dt}=\frac{J_0}{CL}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)e^{-\lambda t}$$

(97)

$$-J_0 e^{-at}\frac{1}{CL}\left\{\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\cos\beta t+\left[\frac{W_1+W_2}{L_1}\frac{1}{\lambda}\left(\lambda^2-a\lambda+\frac{1}{CL}\right)-a\lambda\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.$$

Bei der Discussion sind die beiden Fälle

(98) (A) $$\lambda<\frac{W_1+W_2}{L_1}$$

und

(99) (B) $$\lambda>\frac{W_1+W_2}{L_1}$$

von einander zu unterscheiden. Die Formeln stellen gedämpfte Schwingungen um Exponentialachsen dar, deren Untersuchung genau wie in den Art. 17 und 18, XI erfolgt. Es werde deshalb die Discussion fortgelassen.

12. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G und H in dem Ausdrucke (92) hat man jetzt die Gleichungen

(100)

$$\begin{cases} F+G\ \ -E, \\ F\lambda+Ga-H\beta=0, \\ F\lambda^2+G(a^2-\beta^2)-2Ha\beta=\dfrac{E}{LC}. \end{cases}$$

Hieraus ergiebt sich, mit Anwendung auch der Relationen (28)

$$(101)\qquad \begin{cases} F = \dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{1}{CL}-(a^2+\beta^2)\right\} = \dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\dfrac{1}{CL}\left(\lambda - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{1}{\lambda}, \\ G = -\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{1}{CL}\right\}, \\ H = -\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)}{\beta}+\dfrac{\lambda-a}{\beta}\dfrac{1}{CL}\right\}. \end{cases}$$

Ferner folgt

$$(102)\qquad \begin{aligned} &\left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}(H-E) = \frac{E}{CL}\left\{\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right\}\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\ &- Ee^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\frac{1}{CL}\right]\cos\beta t + \left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\frac{a-\lambda}{CL}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{aligned}$$

$$(103)\qquad \begin{aligned} &\left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}J = -\frac{E}{L}\left\{\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right\}e^{-\lambda t} + \\ &+\frac{E}{L}e^{-at}\left\{\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\cos\beta t + \left[\frac{W_1+W_2}{L_1}\frac{1}{\lambda}\left(\lambda^2-a\lambda+\frac{1}{CL}\right)-a\lambda\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{aligned}$$

$$(104)\qquad \begin{aligned} &\left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\frac{dJ}{dt} = \frac{E}{L}\left\{\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right\}\lambda e^{-\lambda t} + \\ &+\frac{E}{L}e^{-at}\left\{\left[\frac{W_1+W_2}{L_1}\frac{1}{\lambda}\left(\lambda^2+\frac{1}{CL}\right)-2a\lambda\right]\cos\beta t + \left[a\lambda\left(\frac{W_2+W}{L}-\lambda\right)+\right.\right. \\ &\left.\left.+\frac{W_1+W_2}{CLL_1}\frac{1}{\lambda}\left(a-\frac{W_2+W}{L}\right)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}. \end{aligned}$$

Die Discussion dieser Formeln mag auch hier unterbleiben. Sie ist nach Muster der Untersuchungen in den Art. 21 und 22, XI auszuführen.

XIII a. Anordnung wie im Abschn. XIII; kleine Widerstände.

1. **Allgemeines.** Es soll vorausgesetzt werden, dass die Widerstände W, W_1 und W_2 so klein sind, dass man die Grösse

$$WW_1 + WW_2 + W_1W_2 = (W_1 + W_2)\, W_g \tag{105}$$

im Verhältniss zu $\frac{L_1}{C}$ und $\frac{L_2}{C}$ gleich Null setzen darf. Alsdann erhält man für Π die Diff.-Gl.

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(\frac{W_2 + W}{L} + \frac{W_2 + W_1}{L_1}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{1}{CL}\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1 + W_2}{CLL_1}(\Pi - E) = 0. \tag{106}$$

Für die Discriminante D ergiebt sich nach ausgeführten Vereinfachungen

$$D = -\frac{4}{C^3 L^3}. \tag{107}$$

Die Discriminante ist somit negativ und der Ladungsvorgang periodisch.

Durch Auflösung der cubischen Gl. (17) erhält man jetzt

$$\begin{cases} \lambda = \dfrac{W_1 + W_2}{L_1}, \\ \alpha = \dfrac{1}{2}\dfrac{W + W_2}{L}, \\ \beta = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}. \end{cases} \tag{108}$$

Man bemerkt somit, dass in diesem Grenzfalle die reelle Wurzel $\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1}$ vorkommt, während sie in dem allgemeinen Falle nicht möglich ist.

Die Constante F wird Null für die eine und die andere Wahl der Anfangsbedingungen, und hieraus folgt, dass die Schwingungen regelmässig gedämpft sind. Was H und J betrifft, so würde man dieselben Werthe erhalten, wenn man den Zweig mit dem Widerstande W_1 gänzlich fortliesse. Eine weitere Discussion ist somit nicht erforderlich.

XIII b. Anordnung wie im Abschn. XIII; der Widerstand W_2 sehr gross.

1. **Allgemeines.** Es werde angenommen, dass W_2 so gross ist, dass man die Verhältnisse

$$\frac{W}{W_2};\ \frac{W_1}{W_2};\ \frac{L}{C W_2^2} \text{ und } \frac{L_1}{C W_2^2} \tag{109}$$

gleich Null setzen darf. Alsdann erhält man als Differentialgleichung des Ladungsvorganges

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3} + W_2 \frac{L + L_1}{L L_1} \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(\frac{(W + W_1) W_2}{L L_1} + \frac{1}{C L} \right) \frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_2}{C L L_1} (\Pi - E) = 0 . \tag{110}$$

Für die Discriminante D berechnet man mit den gestatteten Vernachlässigungen

$$D = \frac{(L + L_1)^2}{(L L_1)^4} W_2^4 \left\{ (W + W_1)^2 - 4 \frac{L + L_1}{C} \right\} . \tag{111}$$

Es ist die Discriminante positiv und der Ladungsvorgang aperiodisch, falls die Ungleichheit

$$W + W_1 > 2 \sqrt{\frac{L + L_1}{C}} \tag{112}$$

besteht, dagegen die Discriminante negativ und der Vorgang periodisch, wenn man

$$W + W_1 < 2 \sqrt{\frac{L + L_1}{C}} \tag{113}$$

hat. Diese Bedingungen gehören einer unverzweigten Bahn an, deren Widerstand $W + W_1$ und Selbstinduktionscoefficient $L + L_1$ sind.

Die cubische Gleichung (17) hat jetzt die grosse Wurzel

$$\lambda = \frac{L + L_1}{L L_1} W_2 \tag{114}$$

und der Vorgang ist sehr wenig verschieden von dem Vorgange in dem Grenzfalle $W_2 = \infty$, wobei die Strombahn unverzweigt ist und die Ausdrücke für Π, J u. s. w. in dem aperiodischen Falle aus einer Summe von zwei Exponentialgliedern bestehen, und in dem periodischen Falle regelmässig gedämpfte Sinusschwingungen entstehen.

XIV. Mit der im Abschn. XIII untersuchten Anordnung verwandte Anordnungen.

1. **Selbstinduktion im unverzweigten Theile der Strombahn und der Stromquelle parallel geschaltet.** Denkt man sich bei der in der Fig. 46 veranschaulichten Anordnung die Stromquelle E aus dem Bahnstücke mit dem Widerstande W herausgehoben und in den Zweig mit dem Widerstande W_2 verlegt, so erhält man eine Anordnung, wie sie Fig. 47 zeigt.

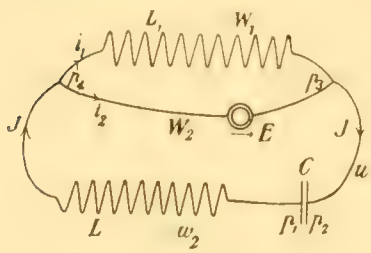


Fig. 47.

Die Differentialgleichung für Π unterscheidet sich nur durch das rechte Glied von der Diff.-Gl. (7). p. 352. Das rechte Glied bestimmt sich daraus, dass der Werth von Π in dem schliesslichen stationären Zustande gleich $\frac{W_1}{W_1+W_2}E$ ist. Somit hat man

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3}+\left(\frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\frac{1}{LC}\right)\frac{d\Pi}{dt}+\frac{W_1+W_2}{CLL_1}\Pi=$$

(1)

$$=\frac{W_1}{CLL_1}E.$$

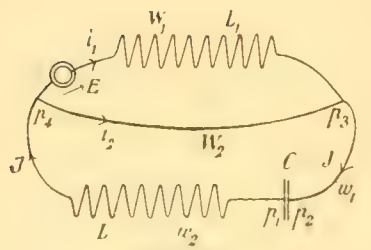


Fig. 48.

Was Π und J betrifft, so erhält man sie aus den Ausdrücken im Abschn. XIII, indem man E mit $E'=\frac{W_1}{W_1+W_2}E$ ersetzt. Eine eingehendere Discussion ist also nicht erforderlich.

2. **Stromquelle im Zweige** W_1. Verlegt man die Stromquelle in den Zweig mit dem Widerstande W_1, so erhält man die aus der Fig. 48 hervorgehende Anordnung. Man bekommt auch jetzt in der Diff.-Gl. für Π alles wie früher mit Ausnahme des rechten Gliedes. Weil der Werth von Π in dem stationären Zustande jetzt $\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ ist, so muss E mit $E'=\frac{W_2}{W_1+W_2}E$ ersetzt werden. Es ergiebt sich dann

$$\frac{d^3\Pi}{dt^3}+\left(\frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\frac{1}{LC}\right)\frac{d\Pi}{dt}+\frac{W_1+W_2}{CLL_1}\Pi= \tag{2}$$
$$=\frac{W_2}{CLL_1}E.$$

Eine eingehendere Discussion ist nicht erforderlich.

XV. Zweifach verzweigter Stromkreis, mit zwei Selbstinduktionen und fünf Widerständen.

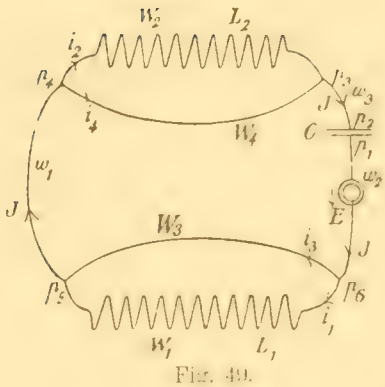


Fig. 49.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Für die in der Fig. 49 veranschaulichte zweifach verzweigte Strombahn erhält man mit Anwendung der Bezeichnungen in der Figur sowie der folgenden Bezeichnungen

$$w_1 + w_2 + w_3 = W, \tag{1}$$

$$p_2 - p_1 = \Pi;\quad p_3 - p_4 = P;\quad p_5 - p_6 = Q \tag{2}$$

das System der Gleichungen

$$\left|\begin{array}{l} Q + L_1 \dfrac{di_1}{dt} + i_1 W_1 = 0, \\ Q + i_3 W_3 = 0, \\ P + L_2 \dfrac{di_2}{dt} + i_2 W_2 = 0, \\ P + i_4 W_4 = 0, \\ P + Q - \Pi + E = J W, \\ J = i_1 + i_3 = i_2 + i_4 = C \dfrac{d\Pi}{dt}. \end{array}\right. \tag{3}$$

Indem P und Q zuerst eliminirt werden, ergiebt sich das System

$$\left|\begin{array}{l} L_1 \dfrac{di_1}{dt} + i_1 W_1 - i_3 W_3 = 0, \\ L_2 \dfrac{di_2}{dt} + i_2 W_2 - i_4 W_4 = 0, \\ J W + i_3 W_3 + i_4 W_4 = E - \Pi, \\ J = i_1 + i_3 = i_2 + i_4 = C \dfrac{d\Pi}{dt}. \end{array}\right. \tag{4}$$

Ferner eliminirt man J, i_3 und i_4 und findet

$$(5)\qquad \begin{cases} L_1 \dfrac{di_1}{dt} + i_1 (W_1 + W_3) = W_3 C \dfrac{d\Pi}{dt}, \\ L_2 \dfrac{di_2}{dt} + i_2 (W_2 + W_4) = W_4 C \dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i_1 W_3 + i_2 W_4 = (W_3 + W_4 + W) C \dfrac{d\Pi}{dt} + \Pi - E. \end{cases}$$

Indem man die letzte Gl. differentiirt und die Werthe von $\frac{di_1}{dt}$ und $\frac{di_2}{dt}$ aus den beiden ersten Gl. einsetzt, erhält man die Gl.

$$(6)\qquad \begin{aligned} W_3 (W_1 + W_3) L_2 i_1 + W_4 (W_2 + W_4) L_1 i_2 = &- (W_3 + W_4 + W) L_1 L_2 C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \\ &+ \left\{ (W_4^2 L_1 + W_3^2 L_2) C - L_1 L_2 \right\} \frac{d\Pi}{dt}. \end{aligned}$$

Diese Gl. giebt zusammen mit der letzten Gl. (5) unter der Voraussetzung, dass die Relation

$$(7)\qquad \frac{L_1}{L_2} = \frac{W_1 + W_3}{W_2 + W_4}$$

nicht erfüllt ist, für die Stromstärken i_1 und i_2 die Ausdrücke

$$(8)\qquad \begin{cases} \left\{ (W_2 + W_4) L_1 - (W_1 + W_3) L_2 \right\} W_3 i_1 = (W_3 + W_4 + W) L_1 L_2 C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + \\ \quad + \left\{ L_1 L_2 + \left[(W_2 + W_4)(W_3 + W) + W_2 W_4 \right] L_1 C - W_3^2 L_2 C \right\} \dfrac{d\Pi}{dt} + (W_2 + W_4) L_1 (\Pi - E). \\ - \left\{ (W_3 + W_4) L_1 - (W_1 + W_3) L_2 \right\} W_4 i_2 = (W_3 + W_4 + W) L_1 L_2 C \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + \\ \quad + \left\{ L_1 L_2 + \left[(W_1 + W_3)(W_4 + W) + W_1 W_3 \right] L_2 C - W_4^2 L_1 C \right\} \dfrac{d\Pi}{dt} + (W_1 + W_3) L_2 (\Pi - E). \end{cases}$$

Als Differentialgleichung für Π erhält man schliesslich, indem man z. B. den Werth von i_1 in die erste Gl. (5) einsetzt, die folgende Gl. dritter Ordnung:

$$(9)\qquad \begin{aligned} &(W_3 + W_4 + W) L_1 L_2 C \frac{d^3\Pi}{dt^3} + (W_1 + W_3)(W_2 + W_4)(\Pi - E) + \\ &+ \left\{ L_1 L_2 + \left[(W_2 + W_4)(W_3 + W) + W_2 W_4 \right] L_1 C + \left[(W_1 + W_3)(W_4 + W) + W_1 W_3 \right] L_2 C \right\} \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \\ &+ \left\{ L_1 (W_2 + W_4) + L_2 (W_1 + W_3) + C (W_1 + W_3)(W_2 + W_4) W_g \right\} \frac{d\Pi}{dt} = 0, \end{aligned}$$

wobei

$$W_g = W + \frac{W_1 W_3}{W_1 + W_3} + \frac{W_2 W_4}{W_2 + W_4} \tag{10}$$

gesetzt worden ist.

Diese Diff.-Gl. ist zu complicirt, dass es lohnen würde, sie einer näheren Discussion zu unterwerfen. Weil sie dritter Ordnung ist, so werden in dem aperiodischen Falle das Potential Π und die Stromstärken als Summen von drei Exponentialgliedern (mit negativen Exponenten) dargestellt. In dem periodischen Falle hat man gedämpfte Schwingungen um Exponentialachsen.

2. **Specieller Fall.** In dem speciellen Falle, in welchem die Relation (7) besteht, genügt Π der folgenden Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$2(W_3 + W_4 + W) L_1 L_2 C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \tag{11}$$

$$\left\{2L_1 L_2 + C\left[(W_2 + W_4)(W_3 + W) + W_4 (W_2 - W_3)\right] L_1 + C\left[(W_1 + W_3)(W_4 + W) + W_3 (W_1 - W_3)\right] L_2\right\} \frac{d\Pi}{dt} +$$

$$+ \left\{(W_2 + W_4) L_1 + (W_1 + W_3) L_2\right\}(\Pi - E) = 0$$

In diesem speciellen Falle erhält man eine einfache Relation zwischen den Stromstärken i_1 und i_2. Aus den zwei ersten Gl. (5) bildet man

$$W_4 L_1 \frac{di_1}{dt} - W_3 L_2 \frac{di_2}{dt} + W_4 (W_1 + W_3) i_1 - W_3 (W_2 + W_4) i_2 = 0. \tag{12}$$

Setzt man ferner

$$\frac{W_1 + W_3}{L_1} = \frac{W_2 + W_4}{L_2} = k. \tag{13}$$

so folgt

$$\frac{d}{dt}\left\{W_4 (W_1 + W_3) i_1 - W_3 (W_2 + W_4) i_2\right\} + k\left\{W_4 (W_1 + W_3) i_1 - W_3 (W_2 + W_4) i_2\right\} = 0 \tag{14}$$

und durch Integration

$$W_4 (W_1 + W_3) i_1 - W_3 (W_2 + W_4) i_2 = A e^{-kt}. \tag{15}$$

wobei A eine Constante bezeichnet, die aus den Anfangsbedingungen zu bestimmen ist. Für eine erste Wahl der Anfangsbedingungen hat man für $t = 0$

$$i_1 = \frac{W_3}{W_1 + W_3} J; \quad i_2 = \frac{W_4}{W_2 + W_4} J. \tag{16}$$

somit

(17) $$W_4(W_1+W_3)i_1 - W_3(W_2+W_4)i_2 = 0$$

und $A = 0$, also

(18) $$\frac{i_1}{i_2} = \frac{W_3(W_2+W_4)}{W_4(W_1+W_3)} = \frac{W_3 L_2}{W_4 L_1}.$$

Zu demselben Resultate kommt man für eine zweite Wahl der Anfangsbedingen, bei der für $t = 0$ i_1 und i_2 gleich Null sind.

XVI. Mit der im Abschn. XV betrachteten Anordnung verwandte Anordnungen.

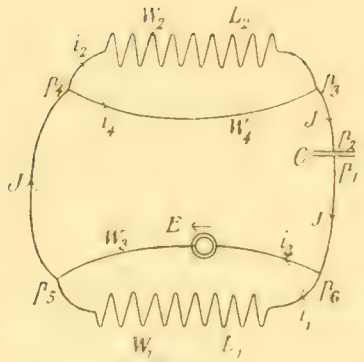


Fig. 50.

1. **Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_3.** Die Anordnung ist dann die in der Fig. 50 veranschaulichte. In dem stationären Endzustande hat das Potential H den Werth

$$E' = \frac{W_1}{W_1 + W_3} E.$$

Man erhält die jetzt geltende Differentialgleichung für H, indem man E in der Gl. (9), p. 377 mit E' ersetzt.

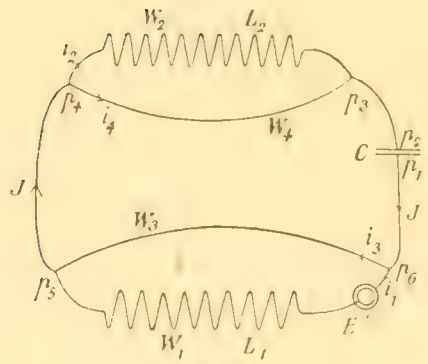


Fig. 51.

2. **Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_1.** Die Anordnung ist in der Fig. 51 veranschaulicht. Die Differentialgleichung der Ladung geht aus der Differentialgleichung (9), p. 377 hervor, indem E mit

$$E' = \frac{W_3}{W_1 + W_3} E$$

ersetzt wird.

XVII. Zweifach verzweigter Stromkreis mit zwei Selbstinduktionen, von denen die eine parallel dem Condensator.

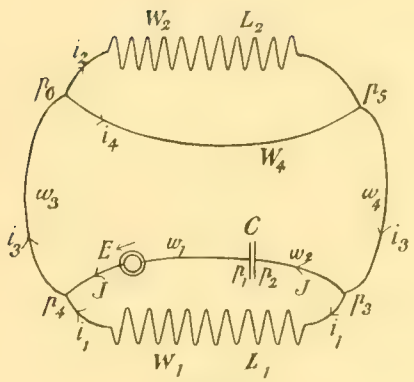


Fig. 52.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Mit der in der Fig. 52 veranschaulichten Anordnung und mit Anwendung der Bezeichnungen in der Figur, sowie der Bezeichnungen

(1) $$w_3 + w_4 = W_3; \quad w_1 + w_2 = W;$$

(2) $$p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P; \quad p_5 - p_6 = Q$$

erhält man das folgende System von Gl.

(3)
$$\begin{cases} P - L_1 \frac{di_1}{dt} - i_1 W_1 = 0 \\ Q + L_2 \frac{di_2}{dt} + i_2 W_2 = 0, \\ Q + i_4 W_4 = 0, \\ Q - P = i_3 W_3, \\ P - \Pi + E = J W, \\ i_3 = i_1 + J = i_2 + i_4, \\ J = C \frac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Indem man zuerst P und Q eliminirt, folgt

$$(4)\qquad \begin{cases} L_1 \dfrac{di_1}{dt} + i_1 W_1 = -\, i_3 W_3 - i_4 W_4 , \\ L_2 \dfrac{di_2}{dt} + i_2 W_2 = i_4 W_4 , \\ E - \Pi = J W + i_3 W_3 + i_4 W_4 , \\ i_3 = i_1 + J , \quad i_2 + i_4 , \\ J = C \dfrac{d\Pi}{dt} . \end{cases}$$

Eliminirt man ferner J, i_3 und i_4, so bekommt man die Gleichungen

$$(5)\qquad \begin{cases} L_1 \dfrac{di_1}{dt} + i_1 W_1 = WC \dfrac{d\Pi}{dt} + (\Pi - E) , \\ (W_3 + W_4) L_2 \dfrac{di_2}{dt} + i_2 (W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) = -\, W W_4 C \dfrac{d\Pi}{dt} - W_4 (\Pi - E) , \\ i_1 (W_3 + W_4) - i_2 W_4 = -\, (W + W_3 + W_4)\, C \dfrac{d\Pi}{dt} - (\Pi - E) . \end{cases}$$

In ähnlicher Weise wie im Art. 1, XV berechnet man hieraus, unter der Voraussetzung, dass die Relation

$$(6)\qquad \frac{L_1}{L_2} = \frac{W_1 (W_3 + W_4)}{W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4} = \frac{W_1}{W_2 + \dfrac{W_3 W_4}{W_3 + W_4}}$$

nicht besteht, die folgenden Ausdrücke der Stromstärken i_1 und i_2

$$(7)\qquad \begin{cases} -\left\{(W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) L_1 - W_1 (W_3 + W_4) L_2\right\} i_1 = \\ \qquad = (W + W_3 + W_4)\, C L_1 L_2 \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{L_1 L_2 + C\left[(W + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4\right] L_1 + \right. \\ \qquad \left. + C W (W_3 + W_4) L_2\right\} \dfrac{d\Pi}{dt} + \left\{(W_2 + W_4) L_1 + (W_3 + W_4) L_2\right\} (\Pi - E) , \\ -\dfrac{W_4}{W_3 + W_4} \left\{(W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4) L_1 - W_1 (W_3 + W_4) L_2\right\} i_2 = \\ \qquad = (W + W_3 + W_4)\, C L_1 L_2 \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{L_1 L_2 + C \dfrac{W W_4^2}{W_3 + W_4} L_1 + \right. \\ \qquad + C\left[(W_1 + W)(W_3 + W_4) + W W_1\right] L_2 \Big\} \dfrac{d\Pi}{dt} + \\ \qquad \left. + \left\{\dfrac{W_4^2}{W_3 + W_4} L_1 + (W_1 + W_3 + W_4) L_2\right\} (\Pi - E) . \end{cases}$$

Als Differentialgleichung für Π erhält man dann

$$(8)\qquad (W+W_3+W_4)\,CL_1L_2\frac{d^3\Pi}{dt^3}+\{(W_1+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4\}(\Pi-E)+$$

$$+\{L_1L_2+C[(W+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4]L_1+C[(W+W_1)(W_3+W_4)+WW_1]L_2\}\frac{d^2\Pi}{dt^2}+$$

$$+\{(W_2+W_4)L_1+(W_1+W_3+W_4)L_2+C[(W_1+W)(W_2W_3+W_2W_4+W_3W_4)+$$

$$+W_1W(W_2+W_4)]\}\frac{d\Pi}{dt}=0.$$

Es möge unterlassen bleiben, diese umständliche Differentialgleichuug einer näheren Discussion zu unterwerfen. Der Ladungsvorgang hat denselben allgemeinen Charakter wie in den anderen Fällen, die zu einer Differentialgleichung dritter Ordnung für Π führen.

Wenn die Bedingung (6) besteht, so ergiebt sich für Π die Diff.-Gl. zweiter Ordnung

$$(9)\qquad (W+W_3+W_4)\,CL_1L_2\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\{(W_2+W_4)L_1+(W_3+W_4)L_2\}(\Pi-E)+$$

$$+\{L_1L_2+C[(W+W_3)(W_2+W_4)+W_2W_4]L_1+CW(W_3+W_4)L_2\}\frac{d\Pi}{dt}=0,$$

und die vollständige Behandlung der Aufgabe unterliegt keiner Schwierigkeit.

XVIII. Mit der im Abschn. XVII betrachteten Anordnung verwandte Anordnungen.

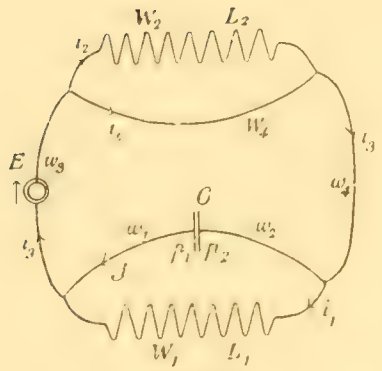


Fig. 53.

1. **Die Stromquelle befindet sich in dem Bahnstücke W_3.** Die Anordnung geht jetzt aus der Figur 53 hervor. In der Differentialgleichung (8) p. 383 hat man E mit

$$E' = \frac{W_1 (W_2 + W_4)}{(W_2 + W_4)(W_1 + W_3) + W_2 W_4} E$$

zu ersetzen. In dem stationären Endzustande fliesst der Strom

$$i_3 = i_1 = i_2 + i_4 = \frac{W_2 + W_4}{(W_2 + W_4)(W_1 + W_3) + W_2 W_4} E.$$

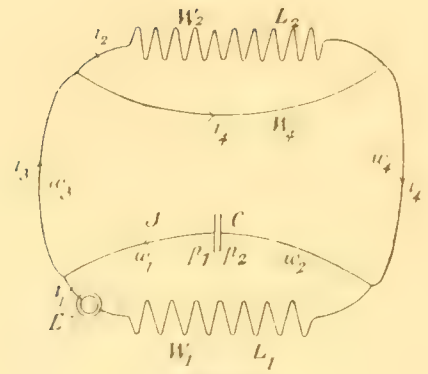


Fig. 54.

2. **Die Stromquelle befindet sich in dem Bahnstücke W_1.** Man hat dann die Anordnung Fig. 54 und wird in der Diff.-Gl. (8) p. 383 E mit

$$E' = \frac{W_2 W_3 + W_2 W_4 + W_3 W_4}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E$$

ersetzen. Der stationäre Strom ist derselbe wie in dem im Art. 1 oben betrachteten Falle.

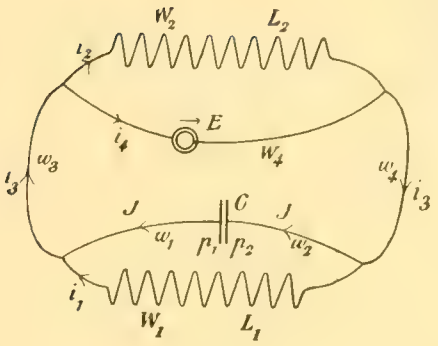


Fig. 55.

3. **Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_4.** Die Fig. 55 zeigt die Anordnung. In der Diff.-Gl. (8) p. 383 ist jetzt statt E

$$E' = \frac{W_1 W_2}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E$$

zu nehmen. Für die stationären Ströme erhält man

$$i_1 = i_3 = \frac{W_2}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E;$$

$$i_2 = -\frac{W_1 + W_3}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E; \quad i_4 = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E.$$

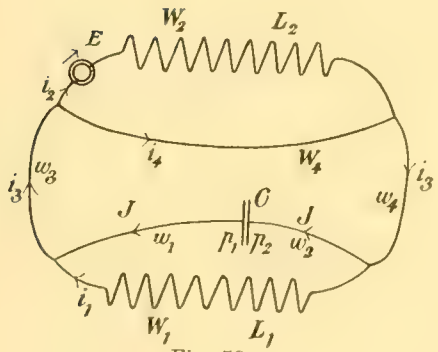


Fig. 56.

4. **Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_2.** Die Anordnung ist in der Fig. 56 veranschaulicht. In der Diff.-Gl. (8) p. 383 hat man E mit

$$E' = \frac{W_1 W_4}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E$$

zu ersetzen. Für die Ströme in dem stationären Endzustande erhält man

$$i_1 = i_3 = \frac{W_4}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E;$$

$$i_2 = \frac{W_1 + W_3 + W_4}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E; \quad i_4 = -\frac{W_1 + W_3}{(W_1 + W_3)(W_2 + W_4) + W_2 W_4} E.$$

XIX. Verzweigter Stromkreis mit gegenseitiger Induktion zwischen beiden Zweigen.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Es möge die Anordnung dieselbe sein wie im Abschn. XI, nur mit der Veränderung, dass zwischen den beiden Zweigen mit den Selbstinduktionscoefficienten L_1 und L_2 jetzt auch eine gegenseitige Induktion wirkt, deren Coefficient M ist. Beispielsweise können die Zweige W_1 und W_2 durch Windungsgruppen derselben Induktionsspule gebildet sein. Wenn alsdann beide in demselben Sinne durchgelaufen werden, so erzeugt ein Anwachsen der Stromstärke i_1 in dem Zweige W_2 die negative elektromotorische Kraft $-M\frac{di_1}{dt}$, wenn die Kraft in der Richtung von p_4 nach p_3 positiv gerechnet wird. Werden dagegen die Zweige in entgegensetztem Sinne durchgelaufen, so erhält man in der Richtung von p_4 nach p_3 die elektromotorische Kraft $M\frac{di_1}{dt}$. Um ein doppeltes Vorzeichen zu vermeiden, soll M in dem ersten Falle als positiv, in dem zweiten Falle als negativ betrachtet werden, so dass man also in beiden Fällen die elektromotorische Kraft $-M\frac{di_1}{dt}$ hat. Mit diesen Festsetzungen und den Bezeichnungen in der Figur sowie den folgenden Bezeichnungen

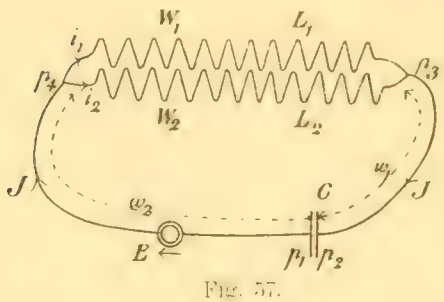


Fig. 57.

$$p_2 - p_1 = \Pi; \quad p_3 - p_4 = P; \quad w_1 + w_2 = W \tag{1}$$

erhält man das Gleichungssystem

$$(2)\qquad \begin{cases} P + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} + i_1 W_1 = 0, \\ P + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} + i_2 W_2 = 0, \\ P - \Pi + E = JW, \\ J - i_1 + i_2 = C \frac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Durch Elimination von P und J ergiebt sich hieraus

$$(3)\qquad \begin{cases} L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} + i_1 W_1 + WC \frac{d\Pi}{dt} + \Pi - E = 0, \\ L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} + i_2 W_2 + WC \frac{d\Pi}{dt} + \Pi - E = 0. \end{cases}$$

Löst man diese Gleichungen in Bezug auf $\frac{di_1}{dt}$ und $\frac{di_2}{dt}$ auf, unter Voraussetzung, dass die Relation

$$(4)\qquad L_1 L_2 - M^2 = 0$$

nicht erfüllt ist, so bekommt man

$$(5)\qquad \begin{cases} (L_1 L_2 - M^2) \frac{di_1}{dt} = - W_1 L_2 i_1 + W_2 M i_2 - (L_2 - M) \left\{ WC \frac{d\Pi}{dt} + (\Pi - E) \right\}, \\ (L_1 L_2 - M^2) \frac{di_2}{dt} = W_1 M i_1 - W_2 L_1 i_2 - (L_1 - M) \left\{ WC \frac{d\Pi}{dt} + (\Pi - E) \right\}. \end{cases}$$

Indem die Werthe von $\frac{di_1}{dt}$ und $\frac{di_2}{dt}$ in die Gl.

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} = C \frac{d^2\Pi}{dt^2}$$

eingesetzt werden und die entstehende Gl. mit der Gl.

$$i_1 + i_2 = C \frac{d\Pi}{dt}$$

combinirt wird, folgt unter der Voraussetzung, dass die Relation

$$(6)\qquad \frac{L_1 - M}{L_2 - M} = \frac{W_1}{W_2}$$

nicht besteht, für die Stromstärken i_1 und i_2

$$\{W_2(L_1-M)-W_1(L_2-M)\}\,i_1=$$

$$=(L_1L_2-M^2)\,C\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\{W(L_1+L_2-2M)+W_2(L_1-M)\}\,C\frac{d\Pi}{dt}+(L_1+L_2-2M)(\Pi-E),$$

$$-\{W_2(L_1-M)-W_1(L_2-M)\}\,i_2=$$

$$=(L_1L_2-M^2)\,C\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\{W(L_1+L_2-2M)+W_1(L_2-M)\}\,C\frac{d\Pi}{dt}+(L_1+L_2-2M)(\Pi-E).$$

Setzt man schliesslich diese Ausdrücke für i_1 und i_2 z. B. in die aus den Gl. (3) hervorgehende Gl.

$$(L_1-M)\frac{di_1}{dt}-(L_2-M)\frac{di_2}{dt}+i_1W_1-i_2W_2=0 \tag{8}$$

ein, so erhält man für Π die Diff.-Gl. dritter Ordnung

$$\{L_1L_2-M^2\}\,C\frac{d^3\Pi}{dt^3}+\{W_2L_1+W_1L_2+W(L_1+L_2-2M)\}\,C\frac{d^2\Pi}{dt^2}+ \tag{9}$$

$$+\{L_1+L_2-2M+C(WW_1+WW_2+W_1W_2)\}\frac{d\Pi}{dt}+(W_1+W_2)\Pi=(W_1+W_2)E.$$

Bei den experimentellen Anordnungen hat man immer

$$L_1L_2-M^2>0 \tag{10}$$

und nur als einen Grenzfall, an den man sich beliebig nähern kann,

$$L_1L_2-M^2=0. \tag{11}$$

Wenn $L_1L_2-M^2$ positiv ist, so folgt mit Anwendung der Relation

$$L_1^2+L_2^2>2L_1L_2$$

$$(L_1+L_2)^2>4M^2$$

und

$$L_1+L_2-2M>0. \tag{12}$$

Die Diff.-Gl. (9) giebt natürlich für $M=0$ die Diff.-Gl. (10) p. 292 zurück.

2. **Der Fall** $L_1L_2=M^2$. In diesem speciellen Falle erhält man, wenn L_1 und L_2 ungleich sind, so dass also L_1+L_2-2M nicht gleich Null ist, aus den Gl. (5)

$$W_1(L_2-M)i_1+W_2(L_1-M)i_2=-\{L_1+L_2-2M\}\left\{WC\frac{d\Pi}{dt}+\Pi-E\right\}, \tag{13}$$

und nach Wegschaffung der als positiv genommenen Grösse M mittels der Formel

(14) $$M = \sqrt{L_1 L_2},$$

indem man ausserdem voraussetzt, dass L_1 grösser als L_2 ist,

(15) $$W_1\sqrt{L_2}\,i_1 - W_2\sqrt{L_1}\,i_2 = \left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)\left(WC\frac{d\Pi}{dt}+\Pi-E\right).$$

Combinirt man diese Gl. mit der Gl.

$$i_1 + i_2 = C\frac{d\Pi}{dt},$$

so ergiebt sich durch Auflösung

(16) $$\begin{cases} \left(W_1\sqrt{L_2}+W_2\sqrt{L_1}\right)i_1 = \left\{(W+W_2)\sqrt{L_1} - W\sqrt{L_2}\right\}C\frac{d\Pi}{dt} + \left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)(\Pi-E), \\ \left(W_1\sqrt{L_2}+W_2\sqrt{L_1}\right)i_2 = \left\{-W\sqrt{L_1} + (W+W_1)\sqrt{L_2}\right\}C\frac{d\Pi}{dt} - \left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)(\Pi-E). \end{cases}$$

Zu denselben Gleichungen wäre man auch directer aus den Gleichungen (7) gekommen.

Substituirt man die Ausdrücke für i_1 und i_2 in die Gl. (8), so erhält man nach ausgeführten Vereinfachungen die folgende Diff.-Gl. zweiter Ordnung für Π:

(17) $$\left\{W_2L_1+W_1L_2+W\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2\right\}C\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left\{\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2 + C(WW_1+WW_2+W_1W_2)\right\}\frac{d\Pi}{dt} + (W_1+W_2)\Pi = (W_1+W_2)E.$$

Dieselbe Diff.-Gl. folgt auch aus der allgemeineren Diff.-Gl. (9), indem man $L_1 L_2 = M^2$ setzt.

Es könnte die Diff.-Gl. (17) als einer einfachen Strombahn mit dem Selbstinduktionscoefficienten L' und dem Widerstande W' angehörend betrachtet werden (Gl. (9) p. 12), wobei

$$\frac{W'}{L'} = \frac{\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2 + C(WW_1+WW_2+W_1W_2)}{\left\{W_2L_1+W_1L_2+W\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2\right\}C}$$

$$\frac{1}{L'} = \frac{W_1+W_2}{W_2L_1+W_1L_2+W\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2}$$

zu nehmen wäre. Hieraus würde folgen

(18) $$\begin{cases} L' = \dfrac{W_2L_1+W_1L_2+W\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2}{W_1+W_2}, \\ W' = \dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{W_1+W_2} + \dfrac{\left(\sqrt{L_1}-\sqrt{L_2}\right)^2}{C(W_1+W_2)}; \end{cases}$$

einen besonderen Nutzen würde man aber von dieser Betrachtung kaum haben.

3. **Der Fall** $W_2(L_1 - M) = W_1(L_2 - M)$. Es soll jetzt angenommen werden, dass die Ungleichheit

(10) $$L_1 L_2 - M^2 > 0$$

besteht, und die Relation

(19) $$\frac{L_1 - M}{L_2 - M} = \frac{W_1}{W_2}$$

erfüllt ist. Alsdann folgt aus den Gl. (7) die folgende Diff.-Gl. zweiter Ordnung für Π:

(20) $$(L_1 L_2 - M^2)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}\right)(L_1 + L_2 - 2M)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{C}(L_1 + L_2 - 2M)(\Pi - E) = 0.$$

Diese Gl. zeigt, dass die Strombahn, was Π und J betrifft, mit einer unverzweigten Bahn sich ersetzen lässt, dessen Widerstand

(21) $$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} = W_0$$

gleich dem Widerstande der verzweigten Bahn ist und deren Selbstinduktionscoefficient den Werth

(22) $$L' = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M} = \frac{L_2 W_1^2 - L_1 W_2^2}{W_1^2 - W_2^2}$$

hat.

Um die Vertheilung von J in die Zweigströme i_1 und i_2 zu bestimmen, setzt man

$$\frac{L_1 - M}{W_1} = \frac{L_2 - M}{W_2} = \frac{1}{k}$$

und erhält aus der Gl. (8)

$$W_1 \frac{di_1}{dt} - W_2 \frac{di_2}{dt} + k(W_1 i_1 - W_2 i_2) = 0$$

und nach Integration

(23) $$W_1 i_1 - W_2 i_2 = A e^{-kt}.$$

Für beide in Betracht kommende Arten von Anfangsbedingungen ist $A = 0$ und es folgt

(24) $$\frac{i_1}{i_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

wie in einer induktionsfreien Bahn.

Der jetzt untersuchte Specialfall kann somit als erledigt angesehen werden, und wir kehren zu dem allgemeinen Falle zurück.

4. **Anfangsbedingungen.** Für eine erste Art von Anfangsbedingungen, welche dadurch zu Stande kommen, dass die Condensatorpole mit einem Widerstande w verbunden werden, den man zur Zeit $t=0$ bricht, berechnet man folgende Anfangswerthe

$$(25)\qquad \begin{cases} \Pi = \Pi_0 = \dfrac{w}{W_g + w} E, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E}{C\{W_g + w\}}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \dfrac{J_0}{C^2}. \end{cases}$$

$$(26)\qquad \begin{cases} J = J_0 = \dfrac{E}{W_g + w}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(27)\qquad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(28)\qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte an.

Bei der zweiten Art von Anfangsbedingungen wird das ursprünglich offene Stromstück mit dem Widerstande W zur Zeit $t=0$ plötzlich geschlossen. Dann sind die anfänglichen Stromstärken gleich Null und man erhält für $t=0$,

$$(29)\qquad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \dfrac{E}{C}, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{\left[(W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM\right](L_1 + L_2 - 2M) - (W_1 + W_2)(L_1 L_2 - M^2)}{(L_1 L_2 - M^2)^2} \dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} E. \end{cases} \tag{30}$$

$$\begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{L_2 - M}{L_1 L_2 - M^2} E. \end{cases} \tag{31}$$

$$\begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{L_1 - M}{L_1 L_2 - M^2} E. \end{cases} \tag{32}$$

Die H-Curve beginnt mit einem Minimum.

5. **Charakter der Ladung.** In dem allgemeinen Integrale der Diff.-Gl. (9)

$$\Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E, \tag{33}$$

sind λ_1, λ_2 und λ_3 Wurzeln der cubischen Gl.

$$\left\{L_1 L_2 - M^2\right\} r^3 - \left\{(W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM\right\} r^2 + \left\{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1 + L_2 - 2M}{C}\right\} r - \frac{1}{C}(W_1 + W_2) = 0. \tag{34}$$

Zur Abkürzung setze man

$$\begin{cases} A_0 = L_1 L_2 - M^2, \\ A_1 = (W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM, \\ A_2 = WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \dfrac{1}{C}(L_1 + L_2 - 2M), \\ A_3 = \dfrac{1}{C}(W_1 + W_2), \end{cases} \tag{35}$$

und erhält

$$A_0 r^3 - A_1 r^2 + A_2 r - A_3 = 0. \tag{36}$$

Diese Gl. hat die Discriminante

$$D' = A_1^2 A_2^2 + 18 A_0 A_1 A_2 A_3 - 4 A_0 A_2^3 - 4 A_1^3 A_3 - 27 A_0^2 A_3^2, \tag{37}$$

und das Vorzeichen von D' bestimmt den Charakter der Ladung, indem einem positiven D' aperiodische, einem negativen D' periodische Ladung entspricht, wie bei der Untersuchung im Abschn. XI. Für die Discriminante berechnet man

$$D' = K_0 + \frac{K_1}{C} + \frac{K_2}{C^2} + \frac{K_3}{C^3}, \tag{38}$$

worin

$$\left\{\begin{aligned}
K_0 &= (WW_1 + WW_2 + W_1W_2)^2 \left\{\left[(W+W_2)L_1 + (W+W_1)L_2 - 2WM\right]^2 \right.\\
&\qquad \left. - 4(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)(L_1L_2 - M^2)\right\},\\
K_1 &= 6(L_1L_2 - M^2)(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)\left\{\left[(W_1+W_2)(W+W_2) + 2W_2^2\right]L_1 + \right.\\
&\qquad \left. + \left[(W_2+W_1)(W+W_1) + 2W_1^2\right]L_2 - 2(WW_1 + WW_2 - 2W_1W_2)M\right\}\\
&\qquad - 2\left\{(W+W_2)L_1 + (W+W_1)L_2 - 2WM\right\}^2\left\{\left[(W_1+W_2)(W+W_2) + W_2^2\right]L_1 + \right.\\
&\qquad \left. + \left[(W_2+W_1)(W+W_1) + W_1^2\right]L_2 - 2(WW_1 + WW_2 - W_1W_2)M\right\},\\
K_2 &= (L_1 + L_2 - 2M)^2\left\{\left[(W+W_2)L_1 + (W+W_1)L_2 - 2WM\right]^2 \right.\\
&\qquad \left. - 12(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)(L_1L_2 - M^2)\right\} + 9(W_1+W_2)(L_1L_2 - M^2)\left\{2\left[(W+W_2)L_1 + \right.\right.\\
&\qquad \left.\left. + (W+W_1)L_2 - 2WM\right](L_1 + L_2 - 2M) - 3(W_1+W_2)(L_1L_2 - M^2)\right\},\\
K_3 &= -4(L_1L_2 - M^2)(L_1 + L_2 - 2M)^3
\end{aligned}\right. \tag{39}$$

sind. Es ist K_3 immer negativ. Um K_0 in Bezug auf das Vorzeichen zu untersuchen, betrachtet man den Factor

$$U = \left[(W+W_2)L_1 + (W+W_1)L_2 - 2WM\right]^2 - 4(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)(L_1L_2 - M^2) \tag{40}$$

als eine Function von M, welche Grösse innerhalb des Intervalles

$$0 < M < \sqrt{L_1L_2} \tag{41 a}$$

oder

$$0 > M > -\sqrt{L_1L_2} \tag{41 b}$$

veränderlich ist. An den Intervallgrenzen ist U positiv, stellt übrigens eine Parabel dar, für deren Scheitel die Coordinaten

$$\left\{\begin{aligned}
M_0 &= \frac{1}{2}\frac{W\left\{(W+W_2)L_1 + (W+W_1)L_2\right\}}{(W+W_1)(W+W_2)},\\
U_{\min} &= \frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{(W+W_1)(W+W_2)}\left\{(W+W_2)L_1 - (W+W_1)L_2\right\}^2
\end{aligned}\right. \tag{42}$$

erhalten werden. Es ist somit $U_{\min}$ immer positiv, folglich auch K_0 immer positiv, und wird gleich Null nur wenn die Relation

(43) $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{W + W_1}{W + W_2}$$

besteht. Diese Relation ist, wie man einfach zeigt, jetzt gleichbedeutend mit der im Art. 3 betrachteten Relation (19)

(19) $$\frac{L_1 - M}{L_2 - M} = \frac{W_1}{W_2}.$$

Natürlich kann man auch U und K_0 eine Form geben, woraus das positive Vorzeichen direct hervorgeht, und zwar erhält man

(44) $$U = U_{\min} + 4(W + W_1)(W + W_2)(M - M_0)^2 =$$

$$= \frac{1}{(W + W_1)(W + W_2)} \Big\{ (WW_1 + WW_2 + W_1 W_2) \big[(W + W_2) L_1 - (W + W_1) L_2 \big]^2 +$$

$$+ \big[W(W + W_2) L_1 + W(W + W_1) L_2 - 2(W + W_1)(W + W_2) M \big]^2 \Big\}.$$

Die Discriminante D' gleich Null gesetzt giebt in Bezug auf C die Gl. dritten Grades

(45) $$K_0 C^3 + K_1 C^2 + K_2 C + K_3 = 0$$

und die im Art. 4, XI p. 299 geführte Discussion ist ohne Änderung anwendbar.

Die Gl. $D' = 0$ ist in Bezug auf die Grössen

$$\frac{L_1}{C},\ \frac{L_2}{C},\ W,\ W_1 \text{ und } W_2$$

von der vierten Ordnung. Eine eingehendere allgemeine Discussion ist aber hier kaum durchführbar.

Ohne weiteres geht hervor, dass man für genügend grosse Widerstände aperiodische Ladung, für genügend kleine Widerstände periodische Ladung bekommt.

Wenn die Wurzeln der Gl. (34) reel sind, so sind sie alle positiv und zwar setze man

(46) $$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0.$$

Alsdann folgt für die elementarsymmetrischen Functionen der Wurzeln

(47) $$\begin{cases} \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2} \big\{ (W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM \big\}, \\ \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2} \big\{ WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \dfrac{1}{C}(L_1 + L_2 - 2M) \big\}, \\ \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 = \dfrac{W_1 + W_2}{C(L_1 L_2 - M^2)}. \end{cases}$$

Bei negativer Discriminante bezeichne man die Wurzeln mit λ, $\alpha + i\beta$ und $\alpha - i\beta$, wobei λ, α und β positiv sind, und erhält

$$(48)\qquad \begin{cases} \lambda + 2\alpha = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2}\{(W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM\}, \\ 2\alpha\lambda + \alpha^2 + \beta^2 = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2}\left\{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \dfrac{1}{C}(L_1 + L_2 - 2M)\right\}, \\ \lambda(\alpha^2 + \beta^2) = \dfrac{W_1 + W_2}{C(L_1 L_2 - M^2)}. \end{cases}$$

6. **Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G und H in der Formel (33)

$$(33)\qquad \Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E$$

hat man wie im Art. 5, XI

$$F \quad G + H \quad \Pi_0 - E \quad - W_{\prime\prime} J_0 .$$

$$F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = -\frac{J_0}{C},$$

$$F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = 0.$$

Hieraus berechnet man, mit Anwendung auch der zwei letzten Relationen (47)

$$(49)\qquad \begin{cases} F = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \dfrac{1}{C^2}\left\{\lambda_1 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}\right\} \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2}, \\ G = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \dfrac{1}{C^2}\left\{\lambda_2 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}\right\} \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2}, \\ H = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \dfrac{1}{C^2}\left\{\lambda_3 - \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}\right\} \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2}, \end{cases}$$

wobei statt D' eine Grösse D durch die Gl.

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{D'}}{(L_1 L_2 - M^2)^2}$$

eingeführt wurde.

Setzt man zur Abkürzung

$$(50)\qquad N = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M},$$

so hat man ferner

$$(51)\quad \begin{cases} \Pi = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}\,C}\,\dfrac{1}{C}\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\Big\{(\lambda_1-N)\,\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1{}^2}\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N)\,\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2{}^2}\,e^{-\lambda_2 t}+ \\ \qquad\qquad +(\lambda_3-N)\,\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3{}^2}\,e^{-\lambda_3 t}\Big\}+E, \\ J = C\,\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}\,C}\,\dfrac{1}{C}\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\Big\{(\lambda_1-N)\,\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N)\,\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}\,e^{-\lambda_2 t}+ \\ \qquad\qquad +(\lambda_3-N)\,\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}\,e^{-\lambda_3 t}\Big\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\,\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}\,C}\,\dfrac{1}{C}\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\Big\{(\lambda_1-N)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+ \\ \qquad\qquad +(\lambda_3-N)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}\Big\}. \end{cases}$$

Ebenso berechnet man aus den Anfangswerthen

$$(52)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1+W_2}\,J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2} = -\dfrac{L_2-M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{J_0}{C}. \end{cases} \qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{W_1}{W_1+W_2}\,J_0. \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i_2}{dt^2} = -\dfrac{L_1-M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{J_0}{C} \end{cases}$$

die Ausdrücke

$$(53)\quad -\frac{\sqrt{D}}{J_0}\,C\,\frac{L_1L_2-M^2}{L_2-M}\,i_1 = (\lambda_1-N_1)\,\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N_1)\,\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}\,e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_3-N_1)\,\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}\,e^{-\lambda_3 t}$$

und

$$(54)\quad -\frac{\sqrt{D}}{J_0}\,C\,\frac{L_1L_2-M^2}{L_1-M}\,i_2 = (\lambda_1-N_2)\,\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}\,e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N_2)\,\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}\,e^{-\lambda_2 t}+(\lambda_3-N_2)\,\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}\,e^{-\lambda_3 t},$$

wobei

$$(55)\quad \begin{cases} N_1 = \dfrac{W_2}{L_2-M}, \\ N_2 = \dfrac{W_1}{L_1-M} \end{cases}$$

gesetzt worden ist.

Die Discussion des Ladungsvorganges ist genau der in den Art. 6, 7 und 8 des Abschn. XI geführten Discussion nachzubilden, weshalb sie hier nicht aufgenommen wird.

Der Unterschied zwischen den Fällen (A) und (B) liegt jetzt darin, ob λ_3 kleiner oder grösser als N ist, d. h. ob

(56) (A) $$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M},$$

oder

(57) (B) $$\lambda_3 > \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

ist.

7. **Formeln für die aperiodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Constantenbestimmung hat man jetzt

$$F + G + H = -E,$$

$$F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = 0,$$

$$F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = \frac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2}\frac{E}{C}$$

und erhält durch Auflösung, mit Anwendung der Relationen (47)

(58)
$$\begin{cases} F = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{C(L_1 L_2 - M^2)}(\lambda_1 - N)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1}, \\ G = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{C(L_1 L_2 - M^2)}(\lambda_2 - N)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2}, \\ H = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{C(L_1 L_2 - M^2)}(\lambda_3 - N)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3}. \end{cases}$$

wobei wieder

(59) $$N = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

gesetzt worden ist. Hieraus geht ferner folgendes System hervor:

(60)
$$\begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{C(L_1 L_2 - M^2)}\Big\{(\lambda_1 - N)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \\ \qquad + (\lambda_3 - N)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\Big\}, \\ J = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2}\Big\{(\lambda_1 - N)(\lambda_2 - \lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N)(\lambda_3 - \lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \\ \qquad + (\lambda_3 - N)(\lambda_1 - \lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\Big\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{E}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2}\Big\{(\lambda_1 - N)(\lambda_2 - \lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N)(\lambda_3 - \lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \\ \qquad + (\lambda_3 - N)(\lambda_1 - \lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\Big\}. \end{cases}$$

Aus den Anfangswerthen

$$(61)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{L_2 - M}{L_1 L_2 - M^2} E, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = -\dfrac{W(L_2 - M)(L_1 + L_2 - 2M) + W_1 L_2 (L_2 - M) - W_2 M (L_1 - M)}{(L_1 L_2 - M^2)^2} E \end{cases}$$

berechnet sich

$$(62)\qquad i_1 = -\frac{E}{\sqrt{D}} \frac{L_2 - M}{L_1 L_2 - M^2} \Big\{ (\lambda_1 - N_1)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N_1)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + (\lambda_3 - N_1)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \Big\},$$

wobei

$$(63)\qquad N_1 = \frac{W_2}{L_2 - M}$$

ist. Der Ausdruck für i_2 geht hieraus hervor, indem die Indices 1 und 2 mit einander vertauscht werden.

Man unterscheidet bei der Discussion, welche ganz ähnlich wie die Discussion in den Art. 10, 11 und 12, XI geführt wird, die Fälle

$$(64)\qquad (A)\qquad \lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

und

$$(65)\qquad (B)\qquad \lambda_3 > \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

von einander.

8. **Ueber einen Specialfall von aperiodischer Ladung.** Es sei jetzt eine Wurzel der Gl. (34)

$$(66)\qquad \lambda = N = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M},$$

die beiden anderen Wurzeln mögen mit λ' und λ'' bezeichnet werden. Alsdann ergiebt sich

$$(67)\qquad \begin{cases} \lambda' + \lambda'' + \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2} \Big\{ (W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2WM \Big\}, \\ \lambda' \lambda'' + (\lambda' + \lambda'') \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} = \dfrac{1}{L_1 L_2 - M^2} \Big\{ W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + \dfrac{1}{C} (L_1 + L_2 - 2M) \Big\}, \\ \lambda' \lambda'' \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} = \dfrac{W_1 + W_2}{C(L_1 L_2 - M^2)}. \end{cases}$$

Eliminirt man $\lambda' + \lambda''$ und $\lambda'\lambda''$ zwischen diesen Gleichungen, so findet man nach gehörigen Reductionen

$$\frac{L_1 - M}{L_2 - M} = \frac{W_1}{W_2} \tag{19}$$

und ist somit auf den im Art. 3 betrachteten Fall zurückgekommen, welcher zu einer Diff.-Gl. der zweiten Ordnung für H führt.

Damit λ' und λ'' und also die Ladung aperiodisch sei, muss die Bedingung

$$W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} > 2\sqrt{\frac{L_1 L_2 - M^2}{C(L_1 + L_2 - 2M)}} \tag{68}$$

erfüllt sein, welche einer einfachen Strombahn mit der Capacität C, dem Selbstinduktionscoefficienten

$$L' = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M} \tag{69}$$

und dem Widerstande

$$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \tag{70}$$

angehört.

9. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Der Ausdruck für H ist jetzt

$$H = Fe^{-\lambda t} + e^{-\alpha t}\{G\cos\beta t + H\sin\beta t\} + E, \tag{71}$$

und zur Constantenbestimmung erhält man, wie im Art. 15, XI, die Gleichungen

$$F + G = -W_g J_0,$$

$$F\lambda + G\alpha - H\beta = -\frac{J_0}{C},$$

$$F\lambda^2 + G(\alpha^2 - \beta^2) - 2H\alpha\beta = 0.$$

Durch Auflösung folgt mit Beachtung der Gl. (48)

$$\left\{\begin{aligned} F &= -\frac{J_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\frac{1}{C}\left\{\lambda - \frac{W_1}{L_1+L_2-2M}\frac{W_2}{\lambda}\right\}, \\ G &= -\frac{W_g J_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2\alpha) + \frac{2\alpha}{W_g C}\right\}, \\ H &= -\frac{W_g J_0}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\left\{\frac{\lambda(\beta^2-\alpha^2+\alpha\lambda)}{\beta} + \frac{\alpha^2-\beta^2-\lambda^2}{\beta}\frac{1}{W_g C}\right\}. \end{aligned}\right. \tag{72}$$

Ferner ergiebt sich hieraus das System

$$
(73)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,(\Pi-E) \quad \dfrac{J_0}{C^2}\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\left(\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right)\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \\
\qquad\qquad -W_g J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{2a}{W_gC}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\dfrac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{W_gC}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,J=-\dfrac{J_0}{C}\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\left(\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right)\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\
\qquad\qquad -CW_gJ_0e^{-at}\left\{\left[\lambda(a^2+\beta^2)-\dfrac{a^2+\beta^2+\lambda^2}{W_gC}\right]\cos\beta t\right. \\
\qquad\qquad \left.-\left[(\lambda-a)\lambda(a^2+\beta^2)+\dfrac{a(a^2+\beta^2-\lambda^2)}{W_gC}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{dJ}{dt}=\dfrac{J_0}{C}\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\left(\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right)e^{-\lambda t}+ \\
\qquad\qquad +CW_gJ_0e^{-at}\left\{\lambda^2\left[a^2+\beta^2-\dfrac{2a}{W_gC}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a^2+\beta^2)(a^2+\beta^2-a\lambda)\right.\right. \\
\qquad\qquad \left.\left.-\dfrac{(a^2+\beta^2)^2-\lambda^2(a^2-\beta^2)}{W_gC}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

10. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten in der Formel (71) hat man jetzt

$$F+G=-E,$$

$$F\lambda+Ga-H\beta=0,$$

$$F\lambda^2+G(a^2-\beta^2)-2Ha\beta=\frac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\frac{E}{C},$$

und es ergiebt sich

$$
(74)\quad
\begin{cases}
F=\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\dfrac{1}{C}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right\}\dfrac{1}{\lambda}, \\
G=-\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\dfrac{1}{C}\right\}, \\
H=\dfrac{E}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\left\{\dfrac{\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)}{\beta}+\dfrac{\lambda-a}{\beta}\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\dfrac{1}{C}\right\}.
\end{cases}
$$

Ferner folgt

$$
(75)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,(\Pi-E) = E\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right\}e^{-\lambda t} \\
\qquad - Ee^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\right.\right. \\
\qquad\qquad \left.\left.+(a-\lambda)\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,J = -E\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right\}e^{-\lambda t} \\
\qquad - EC\,e^{-at}\left\{\lambda\left[a^2+\beta^2-\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a^2+\beta^2)\,(a-\lambda)\right.\right. \\
\qquad\qquad \left.\left.-(a^2+\beta^2-a\lambda)\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,\dfrac{dJ}{dt} = E\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M}\right\}\lambda e^{-\lambda t}+ \\
\qquad + ECe^{-at}\left\{\left[\lambda^2(a^2+\beta^2)+(a^2+\beta^2-2a\lambda)\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\,\dfrac{1}{C}\right]\cos\beta t+\right. \\
\qquad\qquad \left.+\left[\lambda(a^2+\beta^2)(a^2+\beta^2-a\lambda)-\dfrac{a(a^2+\beta^2)-\lambda(a^2-\beta^2)}{C}\,\dfrac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

11. **Specialfall von periodischer Ladung.** Die Schwingungen von H und J sind regelmässig gedämpft in dem speciellen Falle, in welchem

$$\lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2-2M} \tag{76}$$

ist. Alsdann besteht die Relation

$$\frac{L_1-M}{L_2-M} = \frac{W_1}{W_2} \tag{19}$$

und es muss die Bedingung

$$W + \frac{W_1W_2}{W_1+W_2} < 2\sqrt{\frac{L_1L_2-M^2}{C(L_1+L_2-2M)}} \tag{77}$$

erfüllt sein, damit Schwingungen vorhanden seien.

XX. Die Anordnung im Abschn. XIII, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion.

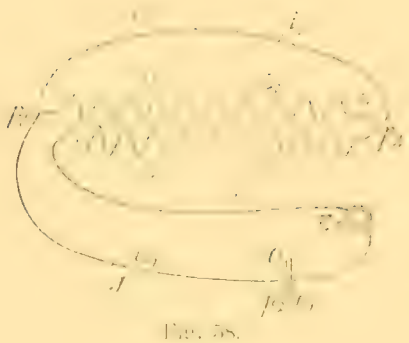


Fig. 58.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Es werde jetzt angenommen, dass zwischen den Zweigen mit den Selbstinduktionscoefficienten L und L_1 bei der in der Fig. 46 gezeigten Anordnung noch eine gegenseitige Induktion mit dem Coefficienten M vorhanden ist. Alsdann hat man die in der Fig. 58 veranschaulichte Anordnung. Als Gleichungssystem erhält man mit den Bezeichnungen

$$\Pi = p_2 - p_1; \quad P = p_3 - p_4;$$

$$w_1 + w_2 = W$$

das System

$$(1) \qquad \begin{cases} P + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{dJ}{dt} + i_1 W_1 = 0, \\ P + i_2 W_2 = 0, \\ P - \Pi + E - L \frac{dJ}{dt} - M \frac{di_1}{dt} = JW, \\ J = i_1 + i_2 - C \frac{d\Pi}{dt}, \end{cases}$$

wobei M positiv oder negativ zu nehmen ist, je nachdem die inducirenden Windungen in demselben Sinne oder in entgegengesetztem Sinne von den positiven Strömen durchgelaufen werden.

Aus den Gleichungen (1) leitet man durch Elimination von P ab:

$$(2)\qquad \begin{cases} L_1\dfrac{di_1}{dt}+M\dfrac{dJ}{dt}=-i_1W_1+i_2W_2\,, \\ M\dfrac{di_1}{dt}+L\dfrac{dJ}{dt}=-i_1W-i_2(W+W_2)+E-\Pi\,. \end{cases}$$

Hieraus folgt, mit

$$LL_1-M^2\gtrless 0\,,$$

$$(3)\qquad (LL_1-M^2)\frac{dJ}{dt}=i_1(W_1M-WL_1)-i_2\left[(W+W_2)L_1+W_2M\right]-L_1(\Pi-E)\,,$$

und, indem man wieder zu dem Systeme (1) referirt,

$$(4)\qquad \begin{cases} i_1+i_2=C\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ (W_1M-WL_1)\,i_1-\left[(W+W_2)L_1+W_2M\right]i_2=(LL_1-M^2)\,C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}+L_1(\Pi-E)\,. \end{cases}$$

Diese Gleichungen geben die folgenden Stromstärken i_1 und i_2:

$$(5)\qquad \begin{cases} \left\{(W_1+W_2)M+W_2L_1\right\}i_1=(LL_1-M^2)\,C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}+\left\{(W+W_2)L_1+W_2M\right\}C\dfrac{d\Pi}{dt}+L_1(\Pi-E)\,, \\ \left\{(W_1+W_2)M+W_2L_1\right\}i_2=-(LL_1-M^2)\,C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2}+(W_1M-WL_1)\,C\dfrac{d\Pi}{dt}-L_1(\Pi-E)\,, \end{cases}$$

wobei

$$(6)\qquad (W_1+W_2)M+W_2L_1\gtrless 0$$

vorausgesezt werden muss.

Beim Einsetzen dieser Ausdrücke in die erste Gl. (2), in der Form

$$(L_1+M)\frac{di_1}{dt}+M\frac{di_2}{dt}+i_1W_1-i_2W_2=0$$

genommen, folgt als Differentialgleichung für Π

$$(7)\qquad \begin{aligned} &(LL_1-M^2)\frac{d^3\Pi}{dt^3}+\left\{(W_1+W_2)L+(W+W_2)L_1+2W_2M\right\}\frac{d^2\Pi}{dt^2}+ \\ &+\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C}\right\}\frac{d\Pi}{dt}+(W_1+W_2)\frac{\Pi-E}{C}=0\,. \end{aligned}$$

Wenn die Relation

$$(8)\qquad LL_1-M^2=0$$

erfüllt ist, so hat man die Diff.-Gl. zweiter Ordnung

$$\left\{W_1 L + W L_1 + W_2 \left(\sqrt{L} + \sqrt{L_1}\right)^2\right\} \frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C}\right) \frac{d\Pi}{dt} +$$

$$+ (W_1 + W_2) \frac{\Pi - E}{C} = 0. \tag{9}$$

Diese Gl. könnte als einer unverzweigten Strombahn angehörend betrachtet werden, wobei zu nehmen wäre:

$$\left| \begin{array}{l} L' = \dfrac{W_1 L + W L_1 + W_2 \left(\sqrt{L} + \sqrt{L_1}\right)^2}{W_1 + W_2}, \\ W' = W + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} + \dfrac{L_1}{C(W_1 + W_2)}. \end{array} \right. \tag{10}$$

In den Ausdrücken (5) für i_1 und i_2 fällt das $\frac{d^2\Pi}{dt^2}$ enthaltende Glied jetzt weg. Auch wenn die Relation

$$(W_1 + W_2) M + W_2 L_1 = 0, \tag{11}$$

welche ein negatives M voraussetzt, erfüllt wird, ergiebt sich eine Differentialgl. zweiter Ordnung für Π, und zwar

$$(L L_1 - M^2) C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + (W L_1 - W_1 M) C \frac{d\Pi}{dt} + L_1 (\Pi - E) = 0. \tag{12}$$

Man transformirt diese Gl. mit Anwendung der Bezeichnungen

$$\left| \begin{array}{l} W' = W_g = W + \dfrac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}, \\ L' = L - \dfrac{M^2}{L_1} \end{array} \right. \tag{13}$$

einfach in

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \frac{W'}{L'} \frac{d\Pi}{dt} + \frac{1}{L' C} (\Pi - E) = 0, \tag{14}$$

und kann alsdann alles, was Π und $J = C \frac{d\Pi}{dt}$ betrifft, auf eine unverzweigte Strombahn beziehen.

In dem Grenzfalle $W_2 = \infty$ geht der in der Fig. 58 veranschaulichte Stromkreis in einen unverzweigten Stromkreis über, mit dem Widerstande $W + W_1$ und dem Selbstinduktionscoefficienten $L + L_1 + 2M$. In der That folgt auch dann aus der Gl. (7)

$$(L + L_1 + 2M) \frac{d^2\Pi}{dt^2} + (W + W_1) \frac{d\Pi}{dt} + \frac{\Pi - E}{C} = 0. \tag{15}$$

2. **Anfangsbedingungen.** Bei der ersten Wahl von Anfangsbedingungen hat man für $t = 0$ die Werthe

$$(16)\quad \begin{cases} \Pi = \Pi_0 = \dfrac{w}{W_g + w} E, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{J_0}{C} = \dfrac{E}{C\left(W_g + w\right)}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{L_1}{LL_1 - M^2} \dfrac{J_0}{C^2}. \end{cases}$$

$$(17)\quad \begin{cases} J = J_0 = \dfrac{E}{W_g + w}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(18)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0. \end{cases}$$

$$(19)\quad \begin{cases} i_2 = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} J_0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte an.

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen erhält man für $t = 0$ die Werthe

$$(20)\quad \begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2} \dfrac{E}{C}, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{WL_1^2 + W_1 M^2 + W_2 (L_1 + M)^2}{(LL_1 - M^2)^2} \dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

$$(21)\quad \begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2} E. \end{cases}$$

$$\text{(22)}\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{M}{LL_1 - M^2} E \end{cases}$$

$$\text{(23)}\qquad \begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{L_1 + M}{LL_1 - M^2} E. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Minimum an.

3. **Charakter der Ladung.** In dem allgemeinen Integrale der Gl. (7) oben

$$\text{(24)}\qquad \Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E$$

sind λ_1, λ_2 und λ_3 die Wurzeln der Gleichung dritten Grades

$$\text{(25)}\qquad \begin{aligned} &\left\{LL_1 - M^2\right\} r^3 - \left\{(W_1 + W_2) L + (W + W_2) L_1 + 2W_2 M\right\} r^2 + \left\{WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \frac{L_1}{C}\right\} r \\ &\qquad - \frac{W_1 + W_2}{C} = 0. \end{aligned}$$

Es werde gesetzt

$$\text{(26)}\qquad \begin{cases} A_0 = LL_1 - M^2, \\ A_1 = (W_1 + W_2) L + (W + W_2) L_1 + 2W_2 M, \\ A_2 = WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \dfrac{L_1}{C}, \\ A_3 = \dfrac{W_1 + W_2}{C}. \end{cases}$$

Alsdann hat man die cubische Gleichung

$$\text{(27)}\qquad A_0 r^3 - A_1 r^2 + A_2 r - A_3 = 0,$$

und ihre Discriminante D' muss berechnet werden. Man findet

$$\text{(28)}\qquad D' = K_0 + \frac{K_1}{C} + \frac{K_2}{C^2} + \frac{K_3}{C^3},$$

worin

$$
\left\{\begin{aligned}
K_0 &= (WW_1 + WW_2 + W_1W_2)^2\Big\{\Big[(W_1+W_2)L + (W+W_2)L_1 + 2W_2M\Big]^2 \\
&\quad - 4(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)(LL_1 - M^2)\Big\} = \frac{(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)^2}{(W+W_2)(W_1+W_2)}\Big\{(WW_1 + WW_2 + \\
&\quad + W_1W_2)\Big[(W_1+W_2)L - (W+W_2)L_1\Big]^2 + \Big[W_2(W_1+W_2)L + W_2(W+W_2)L_1 + \\
&\quad + 2(W+W_2)(W_1+W_2)M\Big]^2\Big\}, \\
K_1 &= 6(LL_1 - M^2)(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)\Big\{3(W_1+W_2)^2L + \Big[(W+W_2)(W_1+W_2) + \\
&\quad + 2W_2^2\Big]L_1 + 6W_2(W_1+W_2)M\Big\} - 2\Big\{(W_1+W_2)L + (W+W_2)L_1 + 2W_2M\Big\}^2\Big\{2(W_1+W_2)^2L + \\
&\quad + \Big[(W+W_2)(W_1+W_2) + W_2^2\Big]L_1 + 4W_2(W_1+W_2)M\Big\}, \\
K_2 &= L_1^2\Big\{\Big[(W_1+W_2)L + (W+W_2)L_1 + 2W_2M\Big]^2 - 12(WW_1 + WW_2 + W_1W_2)(LL_1 - M^2)\Big\} + \\
&\quad + 9(W_1+W_2)(LL_1 - M^2)\Big\{2\Big[(W_1+W_2)L + (W+W_2)L_1 + 2W_2M\Big]L_1 \\
&\quad - 3(W_1+W_2)(LL_1 - M^2)\Big\}, \\
K_3 &= -4(LL_1 - M^2)L_1^3
\end{aligned}\right. \tag{29}
$$

sind. Es ist K_0 positiv, K_3 negativ.

Die Discussion der Discriminante D' vollzieht sich in derselben Weise wie in den früheren Fällen, weshalb sie hier unterbleiben mag.

Wie immer früher hat man bei positiver Discriminante aperiodische, bei negativer Discriminante periodische Ladung. In dem ersten Falle erfüllen die Wurzeln λ_1, λ_2, λ_3, deren Reihenfolge

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0 \tag{30}$$

ist, die Relationen

$$
\left\{\begin{aligned}
\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 &= \frac{1}{LL_1 - M^2}\Big\{(W_1+W_2)L + (W+W_2)L_1 + 2W_2M\Big\}, \\
\lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_2\lambda_3 &= \frac{1}{LL_1 - M^2}\Big\{WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \frac{L_1}{C}\Big\}, \\
\lambda_1\lambda_2\lambda_3 &= \frac{1}{LL_1 - M^2}\cdot\frac{W_1+W_2}{C}.
\end{aligned}\right. \tag{31}
$$

in dem zweiten Falle sind die Wurzeln λ, $\alpha + i\beta$, $\alpha - i\beta$ und man hat

$$(32)\qquad \begin{cases} \lambda+2\alpha=\dfrac{1}{LL_1-M^2}\left\{(W_1+W_2)\,L+(W+W_2)\,L_1+2W_2M\right\}, \\ 2\alpha\lambda+\alpha^2+\beta^2=\dfrac{1}{LL_1-M^2}\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\dfrac{L_1}{C}\right\}, \\ \lambda(\alpha^2+\beta^2)=\dfrac{W_1+W_2}{C(LL_1-M^2)}. \end{cases}$$

Die Grössen λ_1, λ_2, λ_3, λ, α und β sind alle positiv.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Man berechnet jetzt in ähnlicher Weise wie im Art 4, XIII die Formeln

$$(33)\qquad \begin{cases} \Pi=\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{L_1(LL_1-M^2)}{C^2}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t}\right\}+E, \\ J=-\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{L_1(LL_1-M^2)}{C}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{L_1(LL_1-M^2)}{C}\left\{\left(\lambda_1-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\left.+\left(\lambda_3-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(34)\qquad \begin{cases} i_1=\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{M(LL_1-M^2)}{C}\left\{\left(\lambda_1+\dfrac{W_2}{M}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2+\dfrac{W_2}{M}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\left.+\left(\lambda_3+\dfrac{W_2}{M}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt}=-\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{M(LL_1-M^2)}{C}\left\{\left(\lambda_1+\dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2+\dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\right. \\ \qquad\left.+\left(\lambda_3+\dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(35)\quad \begin{cases} i_2 = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{(L_1+M)(LL_1-M^2)}{C}\Big\{(\lambda_1-N_2)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N_2)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+ \\ \qquad\qquad +(\lambda_3-N_2)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\Big\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D'}}\dfrac{(L_1+M)(LL_1-M^2)}{C}\Big\{(\lambda_1-N_2)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+(\lambda_2-N_2)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+ \\ \qquad\qquad +(\lambda_3-N_2)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\Big\}, \end{cases}$$

worin

$$(36)\quad N_2 = \frac{W_1}{L_1+M}$$

ist.

Bei der Discussion von H, J und $\frac{dJ}{dt}$ sind die Fälle

$$(37)\quad (A)\qquad \lambda_3 < \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

und

$$(38)\quad (B)\qquad \lambda_3 > \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

von einander zu unterscheiden. Die Discussion wird ähnlich wie in den Art. 5 und 6, XIII geführt, mit der Ausnahme, dass in Bezug auf i_1 die beiden Fälle

$$\lambda_3 < -\frac{W_2}{M} \quad \text{und} \quad \lambda_3 > -\frac{W_2}{M}$$

für ein negatives M in Betracht zu ziehen sind.

Ein Fall

$$(39)\quad (C)\qquad \lambda = \frac{W_1+W_2}{L_1}$$

kann, wie eine nähere Untersuchung zeigt, nur dann vorkommen, wenn M negativ ist und den Werth

$$(40)\quad M = -\frac{W_2}{W_1+W_2}L_1$$

hat. Alsdann fällt in den Ausdrücken (33) ein Exponentialglied weg. Man ist somit auf den p. 404 betrachteten Fall zurückgekommen. Die Bedingung für aperiodische Ladung ist dann

$$(41)\quad W + \frac{W_1 W_2}{W_1+W_2} > 2\sqrt{\frac{LL_1-M^2}{L_1 C}}.$$

5. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Man berechnet jetzt

$$(42)\quad \begin{cases} \Pi = E + \dfrac{E}{\sqrt{D'}}\dfrac{L_1}{C}(LL_1 - M^2)\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ J = -\dfrac{E}{\sqrt{D'}}L_1(LL_1 - M^2)\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{E}{\sqrt{D'}}L_1(LL_1 - M^2)\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(43)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{E}{\sqrt{D'}}M(LL_1 - M^2)\left\{\left(\lambda_1 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{E}{\sqrt{D'}}M(LL_1 - M^2)\left\{\left(\lambda_1 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 + \dfrac{W_2}{M}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(44)\quad \begin{cases} i_2 = -\dfrac{E}{\sqrt{D'}}(L_1+M)(LL_1 - M^2)\left\{(\lambda_1 - N_2)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N_2)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + (\lambda_3 - N_2)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{\sqrt{D'}}(L_1+M)(LL_1 - M^2)\left\{(\lambda_1 - N_2)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_2 - N_2)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \right.\\ \qquad\qquad \left. + (\lambda_3 - N_2)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

$$(45)\qquad N_2 = \frac{W_1}{L_1 + M}.$$

Bei der Discussion, welche den Art. 8 und 9, XIII nachzubilden ist, ausgenommen einige Modificationen in Bezug auf i_1, kommen wieder die Fälle

(46) (A) $$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1}$$

und

(47) (B) $$\lambda_3 > \frac{W_1 + W_2}{L_1}$$

in Betracht. Hat man für eine beliebige Wurzel

(48) (C) $$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1},$$

so vereinfacht sich die Sache wesentlich, wie oben gezeigt wurde.

6. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Man findet jetzt durch gehörige Constantenbestimmung und mit Hülfe der Relationen (32) das System

(49)
$$\left\{\begin{aligned}
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}(\Pi-E) &= -\frac{L_1 J_0}{C^2(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \\
&\quad - W_g J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\frac{2a}{W_g C}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\frac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{W_g C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\} J &= -\frac{L_1 J_0}{C(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\
&\quad - C W_g J_0 e^{-at}\left\{\left[\lambda(a^2+\beta^2)-\frac{a^2+\beta^2+\lambda^2}{W_g C}\right]\cos\beta t+\right. \\
&\quad \left.+\left[\lambda(a-\lambda)(a^2+\beta^2)-\frac{a(a^2+\beta^2-\lambda^2)}{W_g C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{dJ}{dt} &= \frac{L_1 J_0}{C(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)e^{-\lambda t} \\
&\quad - C W_g J_0 e^{-at}\left\{\lambda^2\left[\frac{2a}{W_g C}-a^2-\beta^2\right]\cos\beta t+\left[\frac{(a^2+\beta^2)^2-\lambda^2(a^2-\beta^2)}{W_g C}\right.\right. \\
&\quad \left.\left.-\lambda(a^2+\beta^2)(a^2+\beta^2-a\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right.$$

7. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Für diese Wahl, welche den Anfangswerthen (20) bis (23) entspricht, berechnet man die Formeln

$$
(50)\quad
\begin{cases}
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,(\Pi-E) = E\,\dfrac{L_1}{LL_1-M^2}\,\dfrac{1}{C}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right\}\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\
\qquad - Ee^{-at}\left\{\left[\lambda(\lambda-2a)+\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\beta^2-a^2+a\lambda)+\right.\right. \\
\qquad\qquad \left.\left.+(a-\lambda)\,\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,J = -E\,\dfrac{L_1}{LL_1-M^2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right\}e^{-\lambda t} \\
\qquad - ECe^{-at}\left\{\lambda\left[a^2+\beta^2-\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a-\lambda)(a^2+\beta^2)\right.\right. \\
\qquad\qquad \left.\left.-(a^2+\beta^2-a\lambda)\,\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\,\dfrac{dJ}{dt} = E\,\dfrac{L_1}{LL_1-M^2}\left\{\lambda-\dfrac{W_1+W_2}{L_1}\right\}\lambda e^{-\lambda t}+ \\
\qquad + ECe^{-at}\left\{\left[\lambda^2(a^2+\beta^2)+(a^2+\beta^2-2a\lambda)\,\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\right]\cos\beta t+\right. \\
\qquad \left.+\left[\lambda(a^2+\beta^2)(a^2+\beta^2-a\lambda)-\dfrac{a(a^2+\beta^2)-\lambda(a^2-\beta^2)}{C}\,\dfrac{L_1}{LL_1-M^2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

8. **Specialfall von periodischer Ladung.** In dem speciellen p. 404 betrachteten Falle, in welchem die Relation (11)

$$(W_1+W_2)\,M+W_2L_1=0 \tag{11}$$

erfüllt ist, hat die Gleichung (27) die reelle Wurzel

$$\lambda=\frac{W_1+W_2}{L_1}, \tag{51}$$

und die Grössen H und J führen regelmässig gedämpfte Schwingungen aus, vorausgesetzt dass die Ungleichheit

$$W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}<2\sqrt{\frac{LL_1-M^2}{L_1C}} \tag{52}$$

besteht.

XXI. Verzweigter Stromkreis mit Capacität und Widerstand in beiden Zweigen.

1. **Differentialgleichung der Ladungspotentiale.** Es sei die Anordnung die in der Fig. 59 veranschaulichte. Man erhält dann mit den Bezeichnungen in der Figur

$$(1)\qquad \begin{cases} p_6 - p_5 + E - L\dfrac{dJ}{dt} = JW, \\ p_1 - p_6 = i_1 w_1\,; \qquad p_5 - p_2 = i_1 w_2\,, \\ p_3 - p_6 = i_2 w_3\,; \qquad p_5 - p_4 = i_2 w_4\,, \\ i_1 = C_1\dfrac{d(p_2 - p_1)}{dt}\,; \quad i_2 = C_2\dfrac{d(p_4 - p_3)}{dt}\,, \\ J = i_1 + i_2\,. \end{cases}$$

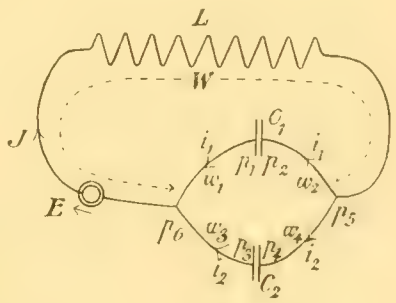


Fig. 59.

Setzt man noch

$$w_1 + w_2 = W_1\,, \qquad w_3 + w_4 = W_2\,,$$
$$p_2 - p_1 = \Pi_1\,; \qquad p_4 - p_3 = \Pi_2\,,$$
$$p_5 - p_6 = P\,,$$

so folgt aus den obigen Gleichungen

$$(2)\qquad \begin{cases} P - E + L\dfrac{dJ}{dt} + JW = 0\,, \\ P - \Pi_1 = i_1 W_1\,, \\ P - \Pi_2 = i_2 W_2\,, \\ i_1 = C_1\dfrac{d\Pi_1}{dt}\,; \quad i_2 = C_2\dfrac{d\Pi_2}{dt}\,; \\ J = i_1 + i_2\,. \end{cases}$$

Durch Elimination der Grösse P und der Stromstärken i_1, i_2, J zwischen diesen Gleichungen geht das System

$$(3)\quad \begin{cases} W_1 C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt} + \Pi_1 = W_2 C_2 \dfrac{d\Pi_2}{dt} + \Pi_2, \\ L\left\{C_1 \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} + C_2 \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2}\right\} + \dfrac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\left\{C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt} + C_2 \dfrac{d\Pi_2}{dt}\right\} + \dfrac{1}{W_1 + W_2}(W_2\Pi_1 + W_1\Pi_2) = E \end{cases}$$

hervor. Man berechnet hieraus durch Elimination von Π_2 die Gleichung

$$LC_2 \frac{d^2\Pi_2}{dt^2} + WC_2 \frac{d\Pi_2}{dt} = -LC_1 \frac{d^2\Pi_1}{dt^2} - (W + W_1) C_1 \frac{d\Pi_1}{dt} - \Pi_1 + E,$$

ferner durch Differentiation der ersten Gl. (3)

$$W_2 C_2 \frac{d^2\Pi_2}{dt^2} + \frac{d\Pi_2}{dt} = W_1 C_1 \frac{d^2\Pi_1}{dt^2} + \frac{d\Pi_1}{dt}.$$

Die beiden letzten Gleichungen geben

$$(4)\quad \begin{cases} C_2 (L - WW_2C_2) \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = -C_1 (L + WW_1C_2) \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} - \left[(W + W_1) C_1 + WC_2\right] \dfrac{d\Pi_1}{dt} - \Pi_1 + E, \\ (L - WW_2C_2) \dfrac{d\Pi_2}{dt} = LC_1 (W_1 + W_2) \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} + \left[L + W_2 (W + W_1) C_1\right] \dfrac{d\Pi_1}{dt} + W_2 (\Pi_1 - E). \end{cases}$$

Setzt man endlich diese Ausdrücke in die Identität

$$\frac{d^2\Pi_2}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\Pi_2}{dt}\right)$$

hinein, so erhält man als Differentialgleichung für Π_1

$$(5)\quad \begin{aligned} &LC_1C_2 (W_1 + W_2) \frac{d^3\Pi_1}{dt^3} + \left\{(C_1 + C_2) L + C_1C_2 (WW_1 + WW_2 - W_1W_2)\right\} \frac{d^2\Pi_1}{dt^2}, \\ &+ \left\{C_1 (W + W_1) + C_2 (W + W_2)\right\} \frac{d\Pi_1}{dt} + \Pi_1 = E. \end{aligned}$$

Für Π_2 gilt genau dieselbe Gleichung. Insofern die Anfangsbedingungen für Π_1 und Π_2 dieselben sind, genügt es Π_1 zu untersuchen, indem dann alle Ausdrücke, welche Π_2 betreffen, durch Vertauschung der Indices 1 und 2 hervorgehen.

Die obige Ableitung setzt voraus, dass die Bedingung

$$(6)\quad \frac{L}{C_2} = WW_2$$

nicht erfüllt ist. Besteht diese specielle Relation, so hat man für Π_1 die Diff.-Gl. zweiter Ordnung

$$C_1 C_2 W(W_1+W_2)\frac{d^2\Pi_1}{dt^2}+\{(W+W_1)C_1+WC_2\}\frac{d\Pi_1}{dt}+\Pi_1-E=0, \tag{7}$$

oder

$$\frac{d^2\Pi_1}{dt^2}+\left\{\frac{1}{C_1(W_1+W_2)}+\frac{W+W_1}{C_2 W(W_1+W_2)}\right\}\frac{d\Pi_1}{dt}+\frac{\Pi_1-E}{W(W_1+W_2)}\frac{1}{C_1C_2}=0. \tag{8}$$

Die Gl. (7) ist bei Existenz der Relation (6) ein partikuläres erstes Integral der Gl. (5). Das Potential Π_2 genügt der Gl. (5), vorausgesetzt, dass man nicht

$$\frac{L}{C_1}=WW_1 \tag{9}$$

hat, in welchem Falle eine mit der Gl. (8) analoge Gleichung gilt. Sind die Bedingungen (6) und (9) auf ein Mal erfüllt, wobei folglich auch die Relation

$$C_1W_1=C_2W_2 \tag{10}$$

besteht, so sind Π_1 und Π_2 beide Integrale der Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}+\left(W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}\right)\frac{1}{L}\frac{d\Pi}{dt}+\frac{1}{L(C_1+C_2)}(\Pi-E)=0. \tag{11}$$

Diese Gl. entspricht einer unverzweigten Bahn mit der Capacität C_1+C_2, dem Selbstinduktionscoefficienten L und dem Widerstande $W_g=W+\frac{W_1W_2}{W_1+W_2}$.

2. **Anfangsbedingungen.** Eine erste Art von Anfangsbedingungen wird in der Weise zu Stande gebracht, dass die Pole des Condensators C_1 ursprünglich mit einem Widerstande w mit einander verbunden sind, und dieser Widerstand zur Zeit $t=0$ plötzlich gebrochen wird. Am Zeitanfang hat man dann

$$\begin{cases} J=J_0=\dfrac{E}{W+W_1+w}, \\ \dfrac{dJ}{dt}=0, \\ \dfrac{d^2J}{dt^2}=-\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{J_0}{LC_1}. \end{cases} \tag{12}$$

$$\begin{cases} \Pi_1=\Pi_{10}=wJ_0=E-(W+W_1)J_0, \\ \dfrac{d\Pi_1}{dt}=\dfrac{J_0}{C_1}, \\ \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2}=-\dfrac{J_0}{(W_1+W_2)C_1^2}, \\ \dfrac{d^3\Pi_1}{dt^3}=\dfrac{J_0}{C_1^2(W_1+W_2)^2}\left\{\dfrac{1}{C_1}+\dfrac{1}{C_2}-\dfrac{W_2^2}{L}\right\}. \end{cases} \tag{13}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} \Pi_2 = \Pi_{20} = (W_1 + w) J_0 = E - W J_0 , \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = 0 , \\ \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = \dfrac{J_0}{(W_1 + W_2) C_1 C_2} , \\ \dfrac{d^3\Pi_2}{dt^3} = - \dfrac{J_0}{C_1 C_2 (W_1 + W_2)^2} \left\{ \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} + \dfrac{W_1 W_2}{L} \right\} . \end{cases}$$

$$(15)\qquad \begin{cases} i_1 = J_0 , \\ \dfrac{di_1}{dt} = - \dfrac{J_0}{(W_1 + W_2) C_1} . \end{cases}$$

$$(16)\qquad \begin{cases} i_2 = 0 , \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{J_0}{(W_1 + W_2) C_1} . \end{cases}$$

Die Curve für J fängt mit einem Maximum an. Die Curve für Π_2 beginnt mit einem Minimum.

Bei einer zweiten Wahl der Anfangsbedingungen ist das Bahnstück mit dem Widerstande W (Fig. 59) ursprünglich offen und wird zur Zeit $t = 0$ plötzlich geschlossen. Es sind dann die anfänglichen Potentiale und Stromstärken gleich Null und man erhält für $t = 0$ die folgenden Anfangswerthe, welche in Bezug auf die Indices 1 und 2 symmetrisch sind.

$$(17)\qquad \begin{cases} \Pi_1 = 0 , \\ \dfrac{d\Pi_1}{dt} = 0 , \\ \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2} \dfrac{E}{L C_1} , \\ \dfrac{d^3\Pi_1}{dt^3} = - \dfrac{E}{C_1 L^2 (W_1 + W_2)^2} \left\{ \dfrac{L}{C_1} W_2 - \dfrac{L}{C_2} W_1 + W_2 (W W_1 + W W_2 + W_1 W_2) \right\} . \end{cases}$$

$$(18)\qquad \begin{cases} \Pi_2 = 0 , \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = 0 , \\ \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2} \dfrac{E}{L C_2} , \\ \dfrac{d^3\Pi_2}{dt^3} = - \dfrac{E}{C_2 L^2 (W_1 + W_2)^2} \left\{ \dfrac{L}{C_2} W_1 - \dfrac{L}{C_1} W_2 + W_1 (W W_1 + W W_2 + W_1 W_2) \right\} . \end{cases}$$

$$(19)\qquad \begin{cases} J = 0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{E}{L}, \\ \dfrac{d^2J}{dt^2} = -\dfrac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\dfrac{E}{L^2}. \end{cases}$$

$$(20)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{W_2}{W_1 + W_2}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

$$(21)\qquad \begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{W_1}{W_1 + W_2}\dfrac{E}{L}. \end{cases}$$

Die Curven für die Potentiale Π_1 und Π_2 fangen mit Minima an.

In dem schliesslichen stationären Zustande hat man, unabhängig von den Anfangsbedingungen,

$$(22)\qquad \begin{cases} \Pi_1 = \Pi_2 = E, \\ J = i_1 = i_2 = 0. \end{cases}$$

3. **Charakter der Ladung.** Die Lösung der Gl. (5) hat die Form

$$(23)\qquad \Pi = Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + E,$$

wobei Π Π_1 oder Π_2 vertritt. Die Grössen λ_1, λ_2 und λ_3 sind Wurzeln der cubischen Gleichung

$$(24)\qquad A_0 r^3 - A_1 r^2 + A_2 r - A_3 = 0,$$

worin die Coefficienten die Werthe

$$(25)\qquad \begin{cases} A_0 = (W_1 + W_2) LC_1C_2, \\ A_1 = (WW_1 + WW_2 + W_1W_2) C_1C_2 + L(C_1 + C_2), \\ A_2 = (W + W_1) C_1 + (W + W_2) C_2, \\ A_3 = 1 \end{cases}$$

haben. Für die Discriminante D folgt hieraus mit Anwendung der Formel (87) p. 392

$$(26)\qquad D = K_0 + K_1 L + K_2 L^2 + K_3 L^3,$$

worin die Coefficienten K die Werthe

$$
(27)\quad
\begin{cases}
K_0 = (WW_1 + WW_2 + W_1W_2)^2 C_1^2 C_2^2 \left\{\left[(W+W_1)C_1 - (W+W_2)C_2\right]^2 + 4W^2 C_1 C_2\right\}, \\
K_1 = 6(WW_1 + WW_2 + W_1W_2) C_1^2 C_2^2 \left\{\left[(W_1+W_2)(W_1+W) + 2W_1^2\right] C_1 + \right. \\
\qquad \left. + \left[(W_2+W_1)(W_2+W) + 2W_2^2\right] C_2\right\} - 2\left[(W+W_1)C_1 + \right. \\
\left. + (W+W_2)C_2\right]^2 C_1 C_2 \left\{\left[(W_1+W_2)(W_1+W) + W_1^2\right] C_1 + \left[(W_2+W_1)(W_2+W) + W_2^2\right] C_2\right\}, \\
K_2 = (C_1+C_2)^2 \left\{\left[(W+W_1)C_1 + (W+W_2)C_2\right]^2 - 12(WW_1 + WW_2 + W_1W_2) C_1 C_2\right\} + \\
\qquad + 9 C_1 C_2 (W_1+W_2) \left\{2\left[(W+W_1)C_1 + (W+W_2)C_2\right](C_1+C_2) - 3(W_1+W_2) C_1 C_2\right\}, \\
K_3 = -4(C_1+C_2)^3
\end{cases}
$$

besitzen. Es sind immer K_0 positiv, K_3 negativ.

Die Gl.

$$(28)\qquad D = 0,$$

welche die Uebergangsfälle giebt, ist in Bezug auf L eine Gl. vom dritten Grade. Wenn ihre Discriminante

$$(29)\qquad \Delta = K_2^2 K_1^2 + 18 K_3 K_2 K_1 K_0 - 4 K_3 K_1^3 - 4 K_2^3 K_0 - 27 K_3^2 K_0^2$$

negativ ist, so giebt es, wie die im Art. 4, XI geführte Untersuchung zeigt, eine positive reelle Wurzel L_0. Man hat aperiodische Ladung für

$$0 < L < L_0$$

und periodische Ladung für

$$L > L_0.$$

Ist die Discriminante Δ positiv, so hat die Gl. (28) drei reelle Wurzeln L_1, L_2 und L_3, mit der Reihenfolge

$$L_1 > L_2 > L_3,$$

und es ist entweder nur L_1 positiv oder sind alle drei Wurzeln positiv. In dem ersten Falle hat man aperiodische Ladung, wenn

$$0 < L < L_1$$

ist, und periodische Ladung, wenn

$$L > L_1$$

ist, in dem zweiten Falle geben die Intervalle

$$0 < L < L_3$$

und

$$L_2 < L < L_1$$

aperiodische, die Intervalle

$$L_3 < L < L_2$$

und

$$L > L_1$$

periodische Ladung.

Die Gleichung

$$D = 0$$

ist vom vierten Grade in Bezug auf jede der Grössen

$$C_1,\ C_2,\ W,\ W_1 \text{ und } W_2.$$

Ohne weiteres ist wieder klar, dass man für genügend kleine Widerstände periodische Ladung, für genügend grosse Widerstände aperiodische Ladung erhält.

Setzt man

$$W_1 = W_2 = 0,$$

so reducirt sich die Gleichung

$$D = 0$$

zu der einfachen Gleichung

$$W^2 - 4\frac{L}{C_1 + C_2} = 0, \tag{30}$$

welche einer unverzweigten Strombahn mit dem Widerstande W, dem Selbstinduktionscoefficienten L und der Capacität $C_1 + C_2$ angehört. Die Ladung ist aperiodisch für

$$W > 2\sqrt{\frac{L}{C_1 + C_2}} \tag{31}$$

und periodisch für

$$W < 2\sqrt{\frac{L}{C_1 + C_2}}. \tag{32}$$

Setzt man

$$C_2 = \infty,$$

so erhält man als Gleichung $D = 0$, indem man den Coefficienten von C_2^4 gleich Null setzt, die folgende

$$\left\{WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \frac{L}{C_1}\right\}^2 = 4(W_2 + W)(W_2 + W_1)\frac{L}{C_1}$$

oder

$$WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + \frac{L}{C_1} = 2\sqrt{(W_2 + W)(W_2 + W_1)}\sqrt{\frac{L}{C_1}}. \tag{33}$$

Diese Gl. stimmt völlig mit der Gl. (37), Art. 4, II, nur müssen W_1 und W_2 mit einander vertauscht werden. In der That stellt auch der Zweig mit dem Widerstande W_2 und der unendlich grossen Capacität C_2 einen ununterbrochenen Zweig mit dem Widerstande W_2 dar.

Mit

$$C_2 = 0$$

reducirt sich die Gl. $D = 0$ auf die einfache Form

$$(W + W_1)^2 - 4\frac{L}{C_1} = 0, \tag{34}$$

welche einer unverzweigten Strombahn mit dem Widerstande $W + W_1$, dem Selbstinduktionscoefficienten L und der Capacität C angehört.

4. **Die symmetrischen Functionen der Wurzeln der Gl.** (24). Wenn D positiv ist, so sind λ_1, λ_2 und λ_3 reel und positiv und man hat für die elementarsymmetrischen Functionen dieser Wurzeln

$$\left\{\begin{aligned} \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 &= \frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{L} + \frac{1}{W_1 + W_2}\frac{C_1 + C_2}{C_1C_2}, \\ \lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_2\lambda_3 &= \frac{W + W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_1} + \frac{W + W_1}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_2}, \\ \lambda_1\lambda_2\lambda_3 &= \frac{1}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_1C_2}. \end{aligned}\right. \tag{35}$$

Ist D negativ, so sind die Wurzeln der Gl. (24) λ, $\alpha + i\beta$ und $\alpha - i\beta$, mit λ, α und β positiv, und es folgt

$$\left\{\begin{aligned} \lambda + 2\alpha &= \frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{L} + \frac{1}{W_1 + W_2}\frac{C_1 + C_2}{C_1C_2}, \\ 2\alpha\lambda + \alpha^2 + \beta^2 &= \frac{W + W_2}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_1} + \frac{W + W_1}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_2}, \\ \lambda(\alpha^2 + \beta^2) &= \frac{1}{W_1 + W_2}\frac{1}{LC_1C_2}. \end{aligned}\right. \tag{36}$$

5. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Die in der Formel

$$\Pi_1 = F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + H_1 e^{-\lambda_3 t} + E \tag{37}$$

eingehenden Constanten F_1, G_1 und H_1 sind aus den Gleichungen

$$(38)\qquad \begin{cases} F_1 + G_1 + H_1 = -(W + W_1) J_0 , \\ F_1 \lambda_1 + G_1 \lambda_2 + H_1 \lambda_3 = -\dfrac{J_0}{C_1} , \\ F_1 \lambda_1^2 + G_1 \lambda_2^2 + H_1 \lambda_3^2 = -\dfrac{J_0}{(W_1 + W_2) C_1^2} \end{cases}$$

zu bestimmen. Als Determinante der Coefficienten hat man

$$(39)\qquad \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 \\ \lambda_1^2 & \lambda_2^2 & \lambda_3^2 \end{vmatrix} = (\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_1) = -\frac{\sqrt{D}}{\{(W_1 + W_2) LC_1 C_2\}^2} .$$

Durch Auflösung des Systems (38) findet man, indem man noch die Formeln (35) zu Hülfe zieht,

$$(40)\qquad \begin{cases} F_1 = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_2^2 \left\{ \lambda_1^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_1 + \dfrac{1}{LC_2} \right\} \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2} , \\ G_1 = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_2^2 \left\{ \lambda_2^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_2 + \dfrac{1}{LC_2} \right\} \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2} , \\ H_1 = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_2^2 \left\{ \lambda_3^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_3 + \dfrac{1}{LC_2} \right\} \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2} . \end{cases}$$

Somit ist

$$(41)\qquad \begin{aligned} \Pi_1 = E - \frac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_2^2 \Bigg\{ & \left[\lambda_1^2 - \frac{W + W_2}{L} \lambda_1 + \frac{1}{LC_2} \right] \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2} e^{-\lambda_1 t} + \\ & + \left[\lambda_2^2 - \frac{W + W_2}{L} \lambda_2 + \frac{1}{LC_2} \right] \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2} e^{-\lambda_2 t} + \left[\lambda_3^2 - \frac{W + W_2}{L} \lambda_3 + \frac{1}{LC_2} \right] \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2} e^{-\lambda_3 t} \Bigg\} . \end{aligned}$$

Ferner folgt

$$(42)\qquad \begin{cases} i_1 = C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \Bigg\{ \left[\lambda_1^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_1 + \dfrac{1}{LC_2} \right] \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \\ \qquad + \left[\lambda_2^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_2 + \dfrac{1}{LC_2} \right] \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \left[\lambda_3^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_3 + \dfrac{1}{LC_2} \right] \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \Bigg\} , \\ \dfrac{di_1}{dt} = C_1 \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \Bigg\{ \left[\lambda_1^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_1 + \dfrac{1}{LC_2} \right] (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \\ \qquad + \left[\lambda_2^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_2 + \dfrac{1}{LC_2} \right] (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left[\lambda_3^2 - \dfrac{W + W_2}{L} \lambda_3 + \dfrac{1}{LC_2} \right] (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \Bigg\} . \end{cases}$$

In dem Ausdrucke

$$\Pi_2 = F_2 e^{-\lambda_1 t} + G_2 e^{-\lambda_2 t} + H_2 e^{-\lambda_3 t} + E \tag{43}$$

erfüllen die Constanten F_2, G_2 und H_2 die Gleichungen

$$\begin{cases} F_2 + G_2 + H_2 = -WJ_0, \\ F_2\lambda_1 + G_2\lambda_2 + H_2\lambda_3 = 0, \\ F_2\lambda_1^2 + G_2\lambda_2^2 + H_2\lambda_3^2 = \dfrac{J_0}{(W_1+W_2)C_1C_2}. \end{cases} \tag{44}$$

Mit Anwendung der Relationen (35) berechnet man hieraus

$$\begin{cases} F_2 = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2\left\{\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right\}\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}, \\ G_2 = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2\left\{\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right\}\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}, \\ H_2 = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2\left\{\lambda_3 - \dfrac{W}{L}\right\}\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3} \end{cases} \tag{45}$$

und hat somit

$$\begin{cases} \Pi_2 = E + \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W}{L}\right)\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ i_2 = C_2\dfrac{d\Pi_2}{dt} = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_2}{dt} = C_2\dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W}{L}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases} \tag{46}$$

Für die Stromstärke

$$J = C_1\frac{d\Pi_1}{dt} + C_2\frac{d\Pi_2}{dt} \tag{47}$$

und ihre Ableitung folgt jetzt

$$(48)\quad \begin{cases} J = -\dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\, W_2 (W_1 + W_2)\, L C_1 C_2^2 \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) \dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) \dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) \dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \right\}. \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{J_0}{\sqrt{D}}\, W_2 (W_1 + W_2)\, L C_1 C_2^2 \left\{ \left(\lambda_1 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{1}{C_2 W_2}\right) (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \right\}. \end{cases}$$

6. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.

a. *Die Stromstärke* J. Es genügt hier für die Beurtheilung des Verhaltens von J zu den Art. 10, 11 und 12, XI zurückzugehen, und zwar findet man, dass zwei Fälle vorkommen können, je nachdem

$$(49)\quad \lambda_3 < \frac{1}{C_2 W_2}$$

oder

$$(50)\quad \lambda_3 > \frac{1}{C_2 W_2}$$

ist. In dem ersten Falle wird $\frac{dJ}{dt}$ nicht gleich Null für positive Werthe von t. In dem zweiten Falle wird $\frac{dJ}{dt}$ ein Mal gleich Null, und zwar für $t = t_{04}$, wobei t_{04} die einzige positive Wurzel der Gl.

$$(51)\quad \left(\lambda_1 - \frac{1}{C_2 W_2}\right)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{1}{C_2 W_2}\right)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{1}{C_2 W_2}\right)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist.

b. *Das Potential* Π_2 *und die Stromstärke* i_2. Auch für die Beurtheilung von Π_2 und i_2 liefern die Art. 10, 11 und 12, XI das nöthige. Man hat zwischen den Fällen

$$(52)\quad \lambda_3 < \frac{W}{L}$$

und

$$(53)\quad \lambda_3 > \frac{W}{L}$$

zu unterscheiden. In dem ersten Falle wird i_2 nicht gleich Null für positive Werthe von t. In dem zweiten Falle wird i_2 ein Mal Null, für $t = t_{24}$, wobei t_{24} die einzige positive Wurzel der Gl.

$$(54)\qquad \left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W}{L}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0$$

ist.

c. *Das Potential H_1 und die Stromstärke i_1.* Der Kürze wegen setze man

$$(55)\qquad \begin{cases} R_1=\left(\lambda_1^2-\dfrac{W+W_2}{L}\lambda_1+\dfrac{1}{LC_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3), \\ R_2=\left(\lambda_2^2-\dfrac{W+W_2}{L}\lambda_2+\dfrac{1}{LC_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1), \\ R_3=\left(\lambda_3^2-\dfrac{W+W_2}{L}\lambda_3+\dfrac{1}{LC_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2). \end{cases}$$

Hieraus folgt

$$(56)\qquad R_1+R_2+R_3=-(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1).$$

Diese Summe ist folglich positiv, wie auch der Anfangswerth von $\frac{di_1}{dt}$ ergiebt, und die Grössen R_1, R_2 und R_3 können nicht alle auf ein Mal negativ sein. Es bleiben dann folgende Möglichkeiten übrig.

a)	R_1 positiv;	R_2 positiv;	R_3 positiv.
b)	R_1 positiv;	R_2 positiv;	R_3 negativ.
c)	R_1 negativ;	R_2 negativ;	R_3 positiv.
d)	R_1 positiv;	R_2 negativ;	R_3 negativ.
e)	R_1 negativ;	R_2 positiv;	R_3 positiv.
f)	R_1 positiv;	R_2 negativ;	R_3 positiv.
g)	R_1 negativ;	R_2 positiv;	R_3 negativ.

Es sollen die verschiedenen Fälle in Ordnung näher betrachtet werden.

Der Fall a). In diesem Falle setze man

$$R_1=k^2\lambda_1,$$
$$R_2=k^2\lambda_2,$$
$$R_3=l^2\lambda_3.$$

und hat dann

$$(57)\qquad \frac{di_1}{dt}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{k^2\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+k^2\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+l^2\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}\right\}.$$

Diese Grösse ist negativ für $t=0$ und bleibt negativ für alle Werthe von t. Es hat somit die Gl.

(58) $$R_1 e^{-\lambda_1 t} + R_2 e^{-\lambda_2 t} + R_3 e^{-\lambda_3 t} = 0$$

keine positive endliche Wurzel. Ebenso wenig besitzt die Gl.

$$i_1 = 0$$

d. h.

(59) $$R_1 \frac{e^{-\lambda_1 t}}{\lambda_1} + R_2 \frac{e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_2} + R_3 \frac{e^{-\lambda_3 t}}{\lambda_3} = 0$$

eine positive endliche Wurzel. i_1 bleibt positiv.

Der Fall b). In diesem Falle hat man zu setzen

$$R_1 = k^2 \lambda_1 ,$$
$$R_2 = k^2 \lambda_2 ,$$
$$R_3 = -l^2 \lambda_3 .$$

Hieraus folgt

(60) $$\frac{di_1}{dt} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \left\{ k^2 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + k^2 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} - l^2 \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} \right\}$$

und

(61) $$e^{\lambda_3 t} \frac{di_1}{dt} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \left\{ k^2 \lambda_1 e^{-(\lambda_1 - \lambda_3) t} + k^2 \lambda_2 e^{-(\lambda_2 - \lambda_3) t} - l^2 \lambda_3 \right\} .$$

Diese Grösse ist negativ für $t = 0$, nimmt beständig zu und hat für $t = \infty$ einen positiven Werth. Es ist somit ersichtlich, dass $e^{\lambda_3 t} \frac{di_1}{dt}$ für einen endlichen positiven Werth t_{12} gleich Null wird, und dasselbe gilt von $\frac{di_1}{dt}$. Der Werth t_{12} ist die einzige positive endliche Wurzel der Gl. (58).

Man hat jetzt

(62) $$e^{\lambda_3 t} i_1 = \frac{J_0}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \left\{ k^2 e^{-(\lambda_1 - \lambda_3) t} + k^2 e^{-(\lambda_2 - \lambda_3) t} - l^2 \right\} .$$

Diese Grösse ist positiv für $t = 0$, nimmt ab und ist negativ für $t = \infty$. Somit besitzt die Gl.

$$i_1 = 0$$

oder (59) jetzt eine einzige positive endliche Wurzel t_{11}.

Der Fall c). In diesem Falle wird genommen

$$R_1 = -k^2 \lambda_1 ,$$
$$R_2 = -k^2 \lambda_2 ,$$
$$R_3 = l^2 \lambda_3 .$$

und man erhält die Grösse

$$(63)\qquad e^{\lambda_3 t}\frac{di_1}{dt}=\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)\,L^2C_1C_2^2\left\{h^2\lambda_1 e^{-(\lambda_1-\lambda_3)t}+k^2\lambda_2 e^{-(\lambda_2-\lambda_3)t}-l^2\lambda_3\right\}$$

für $t=0$ negativ, immer abnehmend und noch für $t=\infty$ negativ. Somit giebt es jetzt keine endliche positive Wurzel der Gl. (58). Ferner ist

$$(64)\qquad e^{\lambda_3 t}\,i_1=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)\,L^2C_1C_2^2\left\{h^2e^{-(\lambda_1-\lambda_3)t}+k^2e^{-(\lambda_2-\lambda_3)t}-l^2\right\}$$

für $t=0$ positiv, nimmt beständig zu und ist noch für $t=\infty$ positiv. Es giebt also auch keine endliche positive Wurzel der Gl. (59).

Der Fall d). In diesem Falle hat man zu nehmen

$$R_1=h^2\lambda_1,$$

$$R_2=k^2\lambda_2,$$

$$R_3=l^2\lambda_3,$$

und erhält

$$(65)\qquad e^{\lambda_1 t}\frac{di_1}{dt}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)\,L^2C_1C_2^2\left\{h^2\lambda_1-k^2\lambda_2e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}-l^2\lambda_3e^{(\lambda_1-\lambda_3)t}\right\},$$

$$(66)\qquad e^{\lambda_1 t}\,i_1=\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)\,L^2C_1C_2^2\left\{h^2-k^2e^{(\lambda_1-\lambda_2)t}-l^2e^{(\lambda_1-\lambda_3)t}\right\}.$$

Die erstere dieser Grössen ist für $t=0$ negativ, nimmt zu und wird für $t=\infty$ unendlich gross. Es besitzt somit $\frac{di_1}{dt}$ jetzt eine endliche positive Wurzel t_{12}. Die letztere Grösse ist positiv für $t=0$, nimmt ab und wird gleich $-\infty$ für $t=\infty$. Folglich besitzt i_1 eine endliche positive Wurzel t_{11}.

Der Fall e). Jetzt nehme man

$$R_1=-h^2\lambda_1,$$

$$R_2=k^2\lambda_2,$$

$$R_3=l^2\lambda_3,$$

und beweist dann ganz ähnlich wie im vorletzten Falle, dass weder $\frac{di_1}{dt}$ noch i_1 positive endliche Wurzeln besitzen.

Der Fall f). In diesem Falle wird gesetzt

$$R_1=h^2\lambda_1,$$

$$R_2=-k^2\lambda_2,$$

$$R_3=l^2\lambda_3.$$

Dann hat i_1 ebenso viele positive endliche Wurzeln wie die Function

$$\varphi(t) = h^2 e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t} + l^2 e^{(\lambda_2 - \lambda_3)t} - k^2 \tag{67}$$

und $\frac{di_1}{dt}$ ebenso viele positive endliche Wurzeln wie die Function

$$\psi(t) = k^2 \lambda_2 - \left\{ h^2 \lambda_1 e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t} + l^2 \lambda_3 e^{(\lambda_2 - \lambda_3)t} \right\}. \tag{68}$$

Um $\varphi(t)$ zu untersuchen bildet man

$$\varphi'(t) = -h^2(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t} + l^2(\lambda_2 - \lambda_3) e^{(\lambda_2 - \lambda_3)t}.$$

Ist nun

$$\frac{l^2(\lambda_2 - \lambda_3)}{h^2(\lambda_1 - \lambda_2)} > 1, \tag{69}$$

so bleibt $\varphi'(t)$ positiv. Für $t = 0$ ist $\varphi(t)$ positiv und wächst beständig. Folglich existirt in diesem Falle keine positive endliche Wurzel zu i_1. Ist dagegen

$$\frac{l^2(\lambda_2 - \lambda_3)}{h^2(\lambda_1 - \lambda_2)} < 1, \tag{70}$$

so ist $\varphi'(t)$ negativ für $t = 0$, wächst, wird ein Mal Null und dann positiv. Dem Werthe $\varphi'(t) = 0$ entspricht ein Minimum von $\varphi(t)$ von der Grösse

$$\varphi_{\min} = h^2 \left\{ \frac{h^2(\lambda_1 - \lambda_2)}{l^2(\lambda_2 - \lambda_3)} \right\}^{-\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_3}} + l^2 \left\{ \frac{h^2(\lambda_1 - \lambda_2)}{l^2(\lambda_2 - \lambda_3)} \right\}^{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1 - \lambda_3}} - k^2. \tag{71}$$

Ist $\varphi_{\min}$ positiv, so hat $\varphi(t)$ keine positive Wurzel, somit auch i_1 keine solche Wurzel. Ist dagegen $\varphi_{\min}$ negativ, so hat i_1 zwei positive endliche Wurzeln t_{11} und t_{13}, welche also die Gl. (59) befriedigen. Zwischen t_{11} und t_{13} liegt ein Minimum von i_1 und eine Wurzel t_{12} von $\frac{di_1}{dt}$, zwischen t_{13} und ∞ ein Maximum von i_1 und eine Wurzel t_{14} von $\frac{di_1}{dt}$.

Aus $\psi(t)$ bildet man

$$\psi'(t) = h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t} - l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{(\lambda_2 - \lambda_3)t}.$$

und zeigt wie oben, dass $\psi(t)$ keine positive endliche Wurzel besitzt, falls

$$\frac{l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3)}{h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2)} > 1 \tag{72}$$

oder falls auf ein Mal

(73) $$\frac{l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3)}{h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2)} < 1$$

ist, und

(74) $$\psi_{\max} = k^2 \lambda_2 - \left\{ h^2 \lambda_1 \left[\frac{h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2)}{l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3)} \right]^{\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_3}} + l^2 \lambda_3 \left[\frac{h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2)}{l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3)} \right]^{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1 - \lambda_3}} \right\}$$

negativ ist. Ist dagegen $\psi_{\max}$ positiv, so hat man die zwei Wurzeln t_{12} und t_{14} von $\frac{di_1}{dt}$.

Der Fall g). Schliesslich kommt die letzte Annahme über R_1, R_2 und R_3, nämlich

$$R_1 = -h^2 \lambda_1 ,$$

$$R_2 = k^2 \lambda_2 ,$$

$$R_3 = -l^2 \lambda_3 .$$

Die positiven endlichen Wurzeln von i_1 gehören auch der Function

(75) $$\varphi(t) = k^2 - \left\{ h^2 e^{-(\lambda_1 - \lambda_2) t} + l^2 e^{(\lambda_2 - \lambda_3) t} \right\}$$

an, und die positiven endlichen Wurzeln von $\frac{di_1}{dt}$ auch der Function

(76) $$\psi(t) = h^2 \lambda_1 e^{-(\lambda_1 - \lambda_2) t} + l^2 \lambda_3 e^{(\lambda_2 - \lambda_3) t} - k^2 \lambda_2$$

an. Man hat

$$\varphi'(t) = h^2 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-(\lambda_1 - \lambda_2) t} - l^2 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{(\lambda_2 - \lambda_3) t} ,$$

$$\psi'(t) = -h^2 \lambda_1 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-(\lambda_1 - \lambda_2) t} + l^2 \lambda_3 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{(\lambda_2 - \lambda_3) t} .$$

Es ist $\varphi(t)$ positiv für $t = 0$ und negativ für $t = \infty$. Somit giebt es eine endliche positive Wurzel t_{11} von i_1. Mehr als eine Wurzel kann es nicht geben, denn dann müsste man drei, fünf u. s. w. Wurzeln haben, was offenbar unmöglich ist. Die Function $\psi(t)$ ist negativ für $t = 0$ und positiv für $t = \infty$. Es giebt folglich eine endliche positive Wurzel t_{12} von $\frac{di_1}{dt}$.

Indem man die Ausdrücke für l^2 und h^2 in die Bedingung (69) einführt, erhält man mit Anwendung auch der Relationen (35) als mit dieser Bedingung identisch

(77) $$\lambda_2 > \frac{1}{C_1 (W_1 + W_2)} .$$

Ebenso ist die Ungleichung (70) identisch mit der folgenden

(78) $$\lambda_2 < \frac{1}{C_1(W_1+W_2)}.$$

Damit die Gl. (24) eine Wurzel

(79) $$\lambda = \frac{1}{C_1(W_1+W_2)}$$

besitze, muss die specielle Relation

(80) $$\frac{L}{C_1C_2} = W_2^2\frac{1}{C_1} + (W-W_2)(W_1+W_2)\frac{1}{C_2}$$

erfüllt sein.

Die Bedingung (72) ist identisch mit der Bedingung

(81) $$\lambda_2 > \frac{1}{L(W_1+W_2)}\left\{\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2} - W_2^2\right\},$$

und die Bedingung (73) identisch mit der Bedingung

(82) $$\lambda_2 < \frac{1}{L(W_1+W_2)}\left\{\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2} - W_2^2\right\}.$$

Hiermit ist alles zusammengebracht, was für die Discussion des Ladungsvorganges erforderlich ist. Statt von R_1, R_2 und R_3 werden wir aber unten von den Grössen

(83) $$\left|\begin{array}{l} S_1 = \lambda_1^2 - \frac{W+W_2}{L}\lambda_1 + \frac{1}{LC_2}, \\ S_2 = \lambda_2^2 - \frac{W+W_2}{L}\lambda_2 + \frac{1}{LC_2}, \\ S_3 = \lambda_3^2 - \frac{W+W_2}{L}\lambda_3 + \frac{1}{LC_2} \end{array}\right.$$

Gebrauch machen. R_1 und S_1, R_3 und S_3 haben dasselbe, R_2 und S_2 das entgegengesetzte Zeichen.

7. **Discussion von J und $-L\frac{dJ}{dt}$.** Es sei zuerst

$$\lambda_3 < \frac{1}{C_2W_2}.$$

Dann nimmt J von J_0 an beständig ab und wird für $t=\infty$ gleich Null. Im Anfang der Curve liegt ein Maximum von J. Die elektromotorische Kraft der Induktion $-L\frac{dJ}{dt}$ ist gleich Null für $t=0$ und $t=\infty$. Zwischen diesen Werthen liegt ein Maximum, dessen Abscisse t_{02} die einzige endliche positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{84}$$

ist, und dessen Grösse beträgt:

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{02}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{02}}+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{02}}\right\}. \tag{85}$$

Unter der Annahme

$$\lambda_3>\frac{1}{C_2W_2}$$

wird J von dem Maximum J_0, für $t=0$, abnehmen, zur Zeit t_{03}, welche die einzige positive endliche Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{86}$$

ist, gleich Null werden, weiter abnehmen, zur Zeit t_{04} (p. 423) das Minimum

$$J_{\min}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{04}}+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{04}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{04}}\right\} \tag{87}$$

erreichen, und dann wachsen, bisdem es für $t=\infty$ Null wird.

Die Grösse $-L\frac{dJ}{dt}$ wächst von Null an zu dem der Zeit t_{02} angehörenden Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{02}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{02}}+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{02}}\right\}, \tag{88}$$

nimmt dann ab, wird Null für $t=t_{04}$ und erreicht für $t=t_{05}$ das negative Minimum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\min}=-\frac{J_0}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{05}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_2-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{05}}+\left(\lambda_3-\frac{1}{C_2W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{05}}\right\}, \tag{89}$$

um dann schliesslich bis Null zu wachsen. Es sind t_{02} und t_{05} die beiden positiven endlichen Wurzeln der Gl. (84), t_{02} die kleinere und t_{05} die grössere Wurzel.

8. **Discussion von H_2 und i_2.** Es werde zuerst angenommen, dass

$$\lambda_3 < \frac{W}{L}$$

ist. Dann wächst H_2 beständig, von dem Anfangswerthe für $t=0$, $E - WJ_0$, welcher ein Minimum ist, zu dem Endwerthe E. Die Stromstärke i_2 bleibt positiv und wächst von Null zu dem der Zeit t_{23}, wobei t_{23} die einzige positive Wurzel von

$$(90) \qquad \left(\lambda_1 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist, angehörenden Maximum

$$(91) \qquad (i_2)_{\max} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t_{23}} + \left(\lambda_2 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t_{23}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W}{L}\right)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t_{23}}\right\},$$

nimmt dann ab und wird Null für $t = \infty$.

Es sei ferner

$$\lambda_3 > \frac{W}{L}.$$

Alsdann wächst H_2 von dem Anfangswerthe $E - WJ_0$, welcher ein Minimum ist, zu dem zur Zeit t_{24} (p. 423) stattfindenden Maximum

$$(92) \qquad (H_2)_{\max} = E + \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1 + W_2) L^2 C_1 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{W}{L}\right)\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t_{24}} + \left(\lambda_2 - \frac{W}{L}\right)\frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t_{24}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W}{L}\right)\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t_{24}}\right\}$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe Null ab. Zwischen 0 und t_{24} liegt ein Inflexionspunkt der H-Curve mit der Abscisse t_{23}, zwischen t_{24} und ∞ ein Inflexionspunkt mit der Abscisse t_{25}. Es sind t_{23} und t_{25} die Wurzeln der Gl. (90).

Die Stromstärke i_2 wächst von Null an zu dem der Zeit t_{23} angehörenden Maximum

$$(i_2)_{\max} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{23}}+\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{23}}+\right.$$

(93)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W}{L}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{23}}\right\},$$

nimmt dann ab, wird Null zur Zeit t_{24}, erreicht für $t=t_{25}$ das Minimum

$$(i_2)_{\min} = -\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{W}{L}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{25}}+\left(\lambda_2-\frac{W}{L}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{25}}+\right.$$

(94)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W}{L}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{25}}\right\}$$

und wächst dann bis Null, welcher Werth für $t=\infty$ eintritt.

9. **Discussion von H_1 und i_1.** Die Discussion dieser Grössen ist die complicirteste, wie aus dem Art. 6 hervorgeht, indem so viele Möglichkeiten vorliegen.

Das einfachste Verhalten von H_1 und i_1 ist folgendes: H_1 wächst von dem Anfangswerthe $E-(W+W_1)J_0$ beständig zu dem Endwerthe E, und i_1 nimmt von J_0 an beständig ab, bis zu dem schliesslichen Werthe Null, ohne negativ zu werden. Die H_1-Curve besitzt gleichzeitig keine Inflexionspunkte. Dieses Verhalten kommt, wie die Durchsuchung der im Art. 6 betrachteten Fälle zeigt, bei folgenden Combinationen vor:

Fall a):	S_1 positiv;	S_2 negativ;	S_3 positiv.
Fall c):	S_1 negativ;	S_2 positiv;	S_3 positiv.
Fall e):	S_1 negativ;	S_2 negativ;	S_3 positiv.
Fall f):	S_1 positiv;	S_2 positiv;	S_3 positiv;

falls in dem letzten Falle entweder die Bedingung (81) erfüllt ist, oder auch die Bedingung (82) erfüllt wird und $\psi_{\max}$ (p. 428) negativ ist.

Ferner können H_1 und i_1 folgendes Verhalten zeigen. H_1 wächst von dem Anfangswerthe $E-(W+W_1)J_0$ zu einem zur Zeit t_{11}, wobei t_{11} die einzige positive endliche Wurzel der Gl. (59) ist, angehörenden Maximum

$$(95)\qquad (H_1)_{\max} = E-\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_{11}}+S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_{11}}+S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\}$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe Null ab.

Die Stromstärke i_1 nimmt von J_0 an ab, wird Null zur Zeit t_{11} und erreicht zur Zeit t_{12}, wobei t_{12} die einzige positive Wurzel der Gl. (58) ist, das Minimum

$$(96)\qquad (i_1)_{\min} = \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{12}} + S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{12}} + S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}.$$

wächst dann und wird Null für $t=\infty$. Der Abscisse t_{12} entspricht ein Inflexionspunkt der Π_1-Curve.

Es giebt für den jetzt betrachteten Fall drei Möglichkeiten, nämlich:

Fall b):	S_1 positiv;	S_2 negativ;	S_3 negativ;
Fall d):	S_1 positiv;	S_2 positiv;	S_3 negativ;
Fall g):	S_1 negativ;	S_2 negativ;	S_3 negativ.

Die Anzahl der Zeichencombinationen für S_1, S_2 und S_3 ist gleich acht. Es sind jetzt alle genommen, ausser der Combination

S_1 negativ; S_2 positiv; S_3 negativ;

welche ausgeschlossen ist (p. 424). Innerhalb der Combination

Fall f): S_1 positiv; S_2 positiv; S_3 positiv

giebt es aber noch Fälle, welche jetzt betrachtet werden sollen.

Wenn $\frac{di_1}{dt}$ zwei Wurzeln t_{12} und t_{14} hat, wozu erforderlich ist, dass $\psi_{\max}$ positiv sei, dagegen i_1 keine Wurzel, so wächst Π_1 beständig, von $E-(W+W_1)J_0$ bis E. Die Stromstärke i_1 nimmt zuerst von J_0 zu dem positiven Minimum

$$(97)\qquad (i_1)_{\min} = \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{12}} + S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{12}} + S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}$$

ab, wächst dann zu dem Maximum

$$(98)\qquad (i_1)_{\max} = \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{14}} + S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{14}} + S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{14}}\right\}$$

und nimmt schliesslich zu Null ab. Den Abscissen t_{12} und t_{14} entsprechen Inflexionspunkte der Π_1-Curve.

Wenn schliesslich i_1 die beiden Wurzeln t_{11} und t_{13} besitzt, wozu erforderlich ist, dass die Bedingung (78) besteht und $\varphi_{\min}$ (p. 427) negativ ist, so nimmt Π_1 zuerst von dem Anfangswerthe $E-(W+W_1)J_0$ bis zu dem Maximum

$$(99)\qquad (\Pi_1)_{\max} = E - \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_{11}} + S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_{11}} + S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\}$$

zu und nimmt dann ab, bis zu dem Minimum

$$(100)\qquad (\Pi_1)_{\min} = E - \frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_{13}} + S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_{13}} + S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_{13}}\right\},$$

um schliesslich zu dem Endwerthe E zu wachsen.

Die Stromstärke i_1 fängt an mit dem Werthe J_0, für $t=0$, nimmt ab, wird Null zur Zeit t_{11}, ein Minimum zur Zeit t_{12}, wobei t_{12} die kleinere positive Wurzel der Gl.

$$S_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+S_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+S_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{101}$$

ist, und zwar hat man

$$(i_1)_{\min}=\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{12}}+S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{12}}+S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}. \tag{103}$$

Dann wächst i_1, wird wieder Null für $t=t_{13}$, erreicht zur Zeit t_{14}, welcher Werth die grössere Wurzel der Gl. (101) darstellt, das Maximum

$$(i_1)_{\max}=\frac{J_0}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)L^2C_1C_2^2\left\{S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{14}}+S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{14}}+S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{14}}\right\}, \tag{102}$$

und nimmt schliesslich zu dem Endwerthe Null ab.

Die Π_1-Curve hat Inflexionspunkte mit den Abscissen t_{12} und t_{14}.

10. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F_1, G_1 und H_1 in der Formel

$$\Pi_1=F_1e^{-\lambda_1 t}+G_1e^{-\lambda_2 t}+H_1e^{-\lambda_3 t}+E \tag{104}$$

hat man jetzt die Gleichungen

$$\begin{cases} F_1+G_1+H_1=-E, \\ F_1\lambda_1+G_1\lambda_2+H_1\lambda_3=0, \\ F_1\lambda_1^2+G_1\lambda_2^2+H_1\lambda_3^2=\dfrac{W_2}{W_1+W_2}\dfrac{E}{LC_1}. \end{cases} \tag{105}$$

Hieraus folgt mit Beachtung der Formeln (35) p. 420

$$\begin{cases} F_1=\dfrac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1C_2^2\left\{\lambda_1-\dfrac{1}{W_2C_2}\right\}\dfrac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}, \\ G_1=\dfrac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1C_2^2\left\{\lambda_2-\dfrac{1}{W_2C_2}\right\}\dfrac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}, \\ H_1=\dfrac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1C_2^2\left\{\lambda_3-\dfrac{1}{W_2C_2}\right\}\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}. \end{cases} \tag{106}$$

Somit ist

$$\Pi_1 = E + \frac{E}{\sqrt{D}} W_2 (W_1 + W_2) L C_1 C_2^2 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \right.$$

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \right\}, \tag{107}$$

und man erhält hieraus weiter

$$\left\{ \begin{aligned} i_1 = C_1 \frac{d\Pi_1}{dt} &= -\frac{E}{\sqrt{D}} W_2 (W_1 + W_2) L C_1^2 C_2^2 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \right. \\ &\qquad \left. + \left(\lambda_2 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \right\}, \\ \frac{di_1}{dt} = C_1 \frac{d^2\Pi_1}{dt^2} &= \frac{E}{\sqrt{D}} W_2 (W_1 + W_2) L C_1^2 C_2^2 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_2 - \lambda_3) \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \right. \\ &\qquad \left. + \left(\lambda_2 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_3 - \lambda_1) \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{1}{W_2 C_2}\right) (\lambda_1 - \lambda_2) \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} \right\}. \end{aligned} \right. \tag{108}$$

Die entspechenden Ausdrücke für Π_2, i_2 und $\frac{di_2}{dt}$ gehen hieraus hervor, indem die Indices 1 und 2 mit einander vertauscht werden. Sie brauchen also nicht hingesetzt werden. Ferner folgt für J und $\frac{dJ}{dt}$

$$\left\{ \begin{aligned} J &= -\frac{E}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2)^2 L C_1^2 C_2^2 \left\{ \left[\lambda_1 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \right. \\ &\qquad \left. + \left[\lambda_2 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left[\lambda_3 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \right\}, \\ \frac{dJ}{dt} &= \frac{E}{\sqrt{D}} (W_1 + W_2)^2 L C_1^2 C_2^2 \left\{ \left[\lambda_1 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_2 - \lambda_3) \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \right. \\ &\qquad \left. + \left[\lambda_2 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_3 - \lambda_1) \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \left[\lambda_3 - \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \frac{1}{W_1 + W_2}\right] (\lambda_1 - \lambda_2) \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} \right\}. \end{aligned} \right. \tag{109}$$

11. **Discussion von Π_1 und i_1.** Die Discussion kann jetzt ohne besondere Vorbereitung ausgeführt werden, indem ähnliche Verhältnisse vorhanden sind wie bei der Untersuchung in den Art. 11 und 12, XI. Man findet also folgendes:

Wenn

$$\lambda_3 < \frac{1}{W_2 C_2} \tag{110}$$

ist, so wächst Π_1 beständig, von dem Anfangswerthe Null zu dem Endwerthe E. Im Anfangspunkte der Π_1-Curve liegt ein Minimum.

Die Stromstärke i_1 ist Null für $t=0$, wächst, erreicht zur Zeit t_{12}, wobei t_{12} die einzige endliche positive Wurzel der Gl.

$$(111)\quad \left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t}=0$$

ist, das Maximum

$$(112)\quad (i_1)_{\max}=-\frac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1^2C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{12}}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{12}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}$$

und nimmt dann ab zu dem Werthe Null, welcher für $t=\infty$ folgt.

Hat man

$$(113)\quad \lambda_3>\frac{1}{W_2C_2},$$

so wächst H_1 von Null an zu dem für $t=t_{14}$, wobei t_{14} die einzige endliche positive Wurzel der Gl.

$$(114)\quad \left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0$$

ist, erfolgenden Maximum

$$(115)\quad (H_1)_{\max}=E+\frac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{14}}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{14}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{14}}\right\},$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe E ab. Für $t=0$ zeigt die H_1-Curve ein Minimum.

Die Stromstärke i_1 nimmt von Null an zu bis zu dem für $t=t_{12}$ hervorgehenden Maximum

$$(116)\quad (i_1)_{\max}=-\frac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1^2C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{12}}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{12}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\},$$

nimmt dann ab, wird Null für $t=t_{14}$ und erreicht zur Zeit t_{15} das Minimum

$$(117)\quad (i_1)_{\min}=-\frac{E}{\sqrt{D}}W_2(W_1+W_2)LC_1^2C_2^2\left\{\left(\lambda_1-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{15}}+\left(\lambda_2-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{15}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{1}{W_2C_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{15}}\right\},$$

um alsdann bis Null zu wachsen, in dem Zeitraume von $t = t_{15}$ bis $t = \infty$. Es sind t_{12} und t_{15} die beiden positiven endlichen Wurzeln der Gl. (111). Den Abscissen t_{12} und t_{15} entsprechen Inflexionspunkte der H_1-Curve.

12. **Discussion von J und $-L\frac{dJ}{dt}$.** Es genügt auch hier zu den Art. 11 und 12, XI zu referiren.

Hat man zuerst

$$\lambda_3 < \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}, \tag{118}$$

so wächst J von Null an zu dem der Zeit t_{02}, welche die einzige positive endliche Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \\ + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{119}$$

ist, angehörenden Maximum

$$J_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L C_1^2 C_2^2 \Big\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{02}} + \\ + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{02}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{02}}\Big\} \tag{120}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem Werthe Null, welcher für $t = \infty$ folgt.

Die Grösse $-L\frac{dJ}{dt}$ ist für $t = 0$ gleich $-E$, nimmt zu, wird gleich Null für $t = t_{02}$ und erreicht zur Zeit t_{03}, welcher Werth der Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t} + \\ + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3^2 e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{121}$$

genügt, das Maximum

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L^2 C_1^2 C_2^2 \Big\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_{03}} + \\ + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_{03}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_{03}}\Big\}, \tag{122}$$

und nimmt dann zu dem Endwerthe Null ab.

Es sei ferner

$$\lambda_3 > \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}. \tag{123}$$

Alsdann wächst J von Null an zu dem der Zeit t_{02} entsprechenden Maximum

$$J_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L C_1^2 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{02}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{02}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{02}}\right\}, \tag{124}$$

nimmt ab, wird gleich Null zur Zeit t_{04}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t} +$$
$$\left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t} = 0 \tag{125}$$

ist, nimmt weiter ab, erreicht zur Zeit t_{05} das Minimum

$$J_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L C_1^2 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{05}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{05}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{05}}\right\}, \tag{126}$$

und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null. Es sind t_{02} und t_{05} die beiden positiven endlichen Wurzeln der Gl. (119).

Die Grösse $-L\frac{dJ}{dt}$ ist gleich $-E$ für $t=0$, hat zur Zeit t_{03} ein Maximum und zur Zeit t_{06} ein Minimum, ist ferner Null für $t=t_{02}$ und $t=t_{05}$, sowie natürlich für $t=\infty$. Die Werthe t_{03} und t_{06} sind Wurzeln der Gl. (121), und die extremen Werthe betragen

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\max} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L^2 C_1^2 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_{03}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_{03}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_{03}}\right\}. \tag{127}$$

$$\left(-L\frac{dJ}{dt}\right)_{\min} = -\frac{E}{\sqrt{D}}(W_1+W_2)^2 L^2 C_1^2 C_2^2 \left\{\left(\lambda_1 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\lambda_1 e^{-\lambda_1 t_{06}} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_2 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_{06}} + \left(\lambda_3 - \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\frac{1}{W_1+W_2}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3 e^{-\lambda_3 t_{06}}\right\}. \tag{128}$$

13. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F_1, G_1, und H_1 in dem Ausdrucke

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda t} + e^{-\alpha t}\{G_1 \cos\beta t + H_1 \sin\beta t\} \tag{129}$$

hat man jetzt die Gleichungen

$$\left\{\begin{array}{l} F_1 + G_1 = -(W + W_1) J_0, \\ F_1\lambda + G_1\alpha - H_1\beta = -\dfrac{J_0}{C_1}, \\ F_1\lambda^2 + G_1(\alpha^2 - \beta^2) - 2H_1\alpha\beta = -\dfrac{J_0}{(W_1 + W_2) C_1^2}. \end{array}\right. \tag{130}$$

Durch Auflösung folgt, mit Anwendung auch der Relationen (36) p. 420,

$$\left\{\begin{array}{l} \{(\lambda-\alpha)^2 + \beta^2\} F_1 = -J_0\left\{(W + W_1)(\alpha^2+\beta^2) - \dfrac{2\alpha}{C_1} + \dfrac{1}{(W_1+W_2)C_1^2}\right\} = \\ \qquad\qquad = -\dfrac{J_0}{(W_1+W_2)C_1^2}\left\{\lambda^2 - \dfrac{W+W_2}{L}\lambda + \dfrac{1}{LC_2}\right\}\dfrac{1}{\lambda^2}, \\ \{(\lambda-\alpha)^2 + \beta^2\} G_1 = -J_0\left\{(W+W_1)(\lambda^2 - 2\alpha\lambda) + \dfrac{2\alpha}{C_1} - \dfrac{1}{(W_1+W_2)C_1^2}\right\} \\ \beta\{(\lambda-\alpha)^2 + \beta^2\} H_1 = J_0\left\{(W+W_1)\lambda(\alpha^2 - \beta^2 - \alpha\lambda) + \dfrac{\lambda^2 - \alpha^2 + \beta^2}{C_1} + \dfrac{\alpha-\lambda}{(W_1+W_2)C_1^2}\right\}. \end{array}\right. \tag{131}$$

Mit Anwendung dieser Werthe ergiebt sich

$$\left\{\begin{array}{l} \{(\lambda-\alpha)^2 + \beta^2\}\dfrac{\Pi_1 - E}{J_0} = -\dfrac{1}{(W_1+W_2)C_1^2}\left\{\lambda^2 - \dfrac{W+W_2}{L}\lambda + \dfrac{1}{LC_2}\right\}\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \\ \quad - e^{-\alpha t}\left\{\left[(W+W_1)(\alpha^2 - 2\alpha\lambda) + \dfrac{2\alpha}{C_1} - \dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{C_1^2}\right]\cos\beta t - \left[(W+W_1)\lambda(\alpha^2 - \beta^2 - \alpha\lambda) + \right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left. + \dfrac{\lambda^2 - \alpha^2 + \beta^2}{C_1} + \dfrac{\alpha-\lambda}{(W_1+W_2)C_1^2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{array}\right. \tag{132 a}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \{(\lambda-\alpha)^2 + \beta^2\}\dfrac{t_1}{J_0} = \dfrac{1}{(W_1+W_2)C_1}\left\{\lambda^2 - \dfrac{W+W_2}{L}\lambda + \dfrac{1}{LC_2}\right\}\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} + \\ \quad + e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda^2 + \alpha^2 + \beta^2 - \dfrac{\lambda}{(W_1+W_2)C_1} - \dfrac{W+W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC_2}\right]\cos\beta t + \left[\alpha(\alpha^2+\beta^2-\lambda^2)\right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left. \dfrac{\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda}{(W_1+W_2)C_1} + \dfrac{W+W_1}{W_1+W_2}\dfrac{1}{LC_2}(\lambda-\alpha)\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{array}\right. \tag{132 b}$$

$$
(132\,c)\quad \left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{1}{J_0}\frac{di_1}{dt}=-\frac{1}{(W_1+W_2)C_1}\left\{\lambda^2-\frac{W+W_2}{L}\lambda+\frac{1}{LC_2}\right\}e^{-\lambda t}\\
&\quad-e^{-at}\left\{\left[2a\lambda^2+\frac{a^2+\beta^2-2a\lambda}{(W_1+W_2)C_1}-\frac{W+W_1}{W_1+W_2}\frac{\lambda}{LC_2}\right]\cos\beta t+\left[(a^2+\beta^2)^2+\lambda^2(\beta^2-a^2)\right.\right.\\
&\quad\left.\left.-\frac{a(a^2+\beta^2)+\lambda(\beta^2-a^2)}{(W_1+W_2)C_1}-\frac{W+W_1}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_2}(a^2+\beta^2-a\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right.
$$

Bei der Bestimmung von

$$
(133)\qquad \Pi_2=E+F_2e^{-\lambda t}+e^{-at}\{G_2\cos\beta t+H_2\sin\beta t\}
$$

hat man

$$
(134)\qquad \left\{\begin{aligned}
&F_2+G_2=-WJ_0,\\
&F_2\lambda+G_2a-H_2\beta=0,\\
&F_2\lambda^2+G_2(a^2-\beta^2)-2H_2a\beta=\frac{J_0}{(W_1+W_2)C_1C_2}
\end{aligned}\right.
$$

und hieraus wird berechnet:

$$
(135)\qquad \left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}F_2=J_0\left\{\frac{1}{(W_1+W_2)C_1C_2}-W(a^2+\beta^2)\right\}=\frac{J_0}{(W_1+W_2)C_1C_2}\left\{\lambda-\frac{W}{L}\left(1+\frac{\lambda}{\lambda}\right)\right.,\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}G_2=-W\left\{\lambda^2-2a\lambda+\frac{1}{W(W_1+W_2)C_1C_2}\right\}J_0,\\
&\beta\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}H_2=\left\{\frac{\lambda-a}{(W_1+W_2)C_1C_2}+W\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)\right\}J_0.
\end{aligned}\right.
$$

Mit diesen Werthen folgt

$$
(136)\qquad \left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{\Pi_2-E}{J_0}=\frac{1}{(W_1+W_2)C_1C_2}\left(\lambda-\frac{W}{L}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda}\\
&\quad-We^{-at}\left\{\left[\lambda^2-2a\lambda+\frac{1}{W(W_1+W_2)C_1C_2}\right]\cos\beta t-\left[\frac{\lambda-a}{W(W_1+W_2)C_1C_2}+\right.\right.\\
&\quad\left.\left.+\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{i_2}{J_0}=-\frac{1}{(W_1+W_2)C_1}\left(\lambda-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda t}+\\
&\quad+\frac{1}{(W_1+W_2)C_1}e^{-at}\left\{\left(\lambda-\frac{W}{L}\right)\cos\beta t-\left[\left(a-\frac{W}{L}\right)(\lambda-a)-\beta^2\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{1}{J_0}\frac{di_2}{dt}=\frac{\lambda}{(W_1+W_2)C_1}\left(\lambda-\frac{W}{L}\right)e^{-\lambda t}+\\
&\quad+\frac{1}{(W_1+W_2)C_1}e^{-at}\left\{\left[a^2+\beta^2-\lambda\left(2a-\frac{W}{L}\right)\right]\cos\beta t+\left[(\lambda-a)a^2-(\lambda+a)\beta^2+\right.\right.\\
&\quad\left.\left.+\frac{W}{L}(a^2+\beta^2-a\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right.
$$

Schliesslich leitet man für J und $\frac{dJ}{dt}$ aus dem oben gefundenen folgende Ausdrücke ab

$$
(137)\quad \left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{J}{J_0}=-\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\frac{1}{\lambda}\left\{\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right\}e^{-\lambda t}+\\
&+e^{-at}\left\{\left[\lambda^2-2a\lambda+\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\right]\cos\beta t+\left[a\lambda(\lambda-2a)-\frac{W_2}{(W_1+W_2)LC_1}\left(\lambda-a-\frac{1}{W_2C_2}\right)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{1}{J_0}\frac{dJ}{dt}=\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\left(\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right)e^{-\lambda t}\\
&\qquad-\frac{W_2}{(W_1+W_2)LC_1}e^{-at}\left\{\left(\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right)\cos\beta t+\left(a^2+\beta^2-a\lambda+\frac{\lambda-a}{W_2C_2}\right)\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}
\end{aligned}\right.
$$

14. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Aus den Anfangswerthen im Art. 2 p. 416 und 417 berechnet man jetzt

$$
(138)\quad \left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{\Pi_1-E}{E}=\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\left\{\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right\}\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda}\\
&-e^{-at}\left\{\left[\lambda^2-2a\lambda+\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\right]\cos\beta t-\left[\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)+(\lambda-a)\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{LC_1}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{i_1}{E}=-\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{1}{L}\left\{\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right\}e^{-\lambda t}+\\
&\qquad+\frac{W_2}{(W_1+W_2)L}e^{-at}\left\{\left(\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right)\cos\beta t+\left[a^2+\beta^2-a\lambda+\frac{\lambda-a}{W_2C_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\
&\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{1}{E}\frac{di_1}{dt}=\frac{W_2}{W_1+W_2}\frac{\lambda}{L}\left\{\lambda-\frac{1}{W_2C_2}\right\}e^{-\lambda t}+\\
&\qquad+\frac{W_2}{(W_1+W_2)L}e^{-at}\left\{\left[a^2+\beta^2-2a\lambda+\frac{\lambda}{W_2C_2}\right]\cos\beta t+\right.\\
&\qquad\left.+\left[\lambda(a^2-\beta^2)-a(a^2+\beta^2)+\frac{a^2+\beta^2-a\lambda}{W_2C_2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{aligned}\right.
$$

Die Ausdrücke für Π_2, i_2 und $\frac{di_2}{dt}$ gehen hieraus hervor, indem man die Indices 1 und 2 mit einander vertauscht. Schliesslich folgt noch

$$
(139)\quad
\begin{cases}
\left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\dfrac{J}{E}=-\dfrac{1}{L}\left\{\lambda-\dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}e^{-\lambda t}+ \\
\qquad\qquad +\dfrac{1}{L}e^{-at}\left\{\left[\lambda-\dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right]\cos\beta t+\left[a^2+\beta^2-a\lambda+\dfrac{\lambda-a}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\
\left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\dfrac{1}{E}\dfrac{dJ}{dt}=\dfrac{\lambda}{L}\left\{\lambda-\dfrac{1}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}e^{-\lambda t}+ \\
\qquad\qquad +\dfrac{1}{L}e^{-at}\left\{\left[a^2+\beta^2-2a\lambda+\dfrac{\lambda}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a^2-\beta^2)-a(a^2+\beta^2)+\right.\right. \\
\qquad\qquad\qquad\qquad \left.\left.+\dfrac{a^2+\beta^2-a\lambda}{W_1+W_2}\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.
\end{cases}
$$

XXII. Unverzweigter Stromkreis mit Nebenkreis.[1]

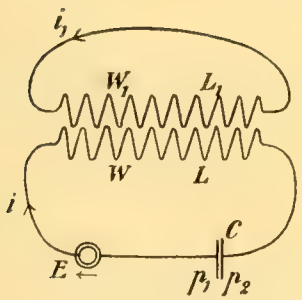


Fig. 60.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die Anordnung sei die in der Fig. 60 veranschaulichte, wobei ein unverzweigter Hauptstromkreis auf einen geschlossenen Nebenstromkreis inducirend einwirkt. Mit den Bezeichnungen in der Figur und mit Anwendung der stets gebrauchten Bezeichnung

$$p_2 - p_1 = \Pi$$

erhält man die Gleichungen

$$(1)\qquad \begin{cases} L\dfrac{di}{dt} + M\dfrac{di_1}{dt} = E - \Pi - iW, \\ M\dfrac{di}{dt} + L_1\dfrac{di_1}{dt} = -i_1 W_1, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt}. \end{cases}$$

Durch Auflösung der beiden ersten Gleichungen in Bezug auf $\frac{di}{dt}$ und $\frac{di_1}{dt}$ folgt

$$(2)\qquad \begin{cases} (LL_1 - M^2)\dfrac{di}{dt} = -WL_1 i + W_1 M i_1 + L_1(E - \Pi), \\ (LL_1 - M^2)\dfrac{di_1}{dt} = WMi - W_1 L i_1 - M(E - \Pi). \end{cases}$$

Mit Anwendung der Relationen

$$(3)\qquad i = C\frac{d\Pi}{dt} \text{ und } \frac{di}{dt} = C\frac{d^2\Pi}{dt^2}$$

giebt die erstere Gleichung

[1]) Ueber den in diesem Abschnitt betrachteten Fall giebt es eine in den Wiener Berichten **96** [2] p. 134. 1888 eingehende Arbeit von Hiecke, deren Hauptresultate in meiner Abhandlung, Untersuchungen über elektrische Schwingungen I (siehe pag. 3 oben) p. 16 angeführt sind.

$$W_1 M i_1 = (LL_1 - M^2) C \frac{d^2\Pi}{dt^2} + WL_1 C \frac{d\Pi}{dt} + L_1(\Pi - E), \tag{4}$$

und durch Einsetzung aller dieser Werthe in die letztere Gl. folgt endlich die Differentialgl. für Π

$$(LL_1 - M^2)\frac{d^3\Pi}{dt^3} + (WL_1 + W_1 L)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(WW_1 + \frac{L_1}{C}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1}{C}(\Pi - E) = 0. \tag{5}$$

Nachdem Π berechnet worden ist, geben die Gl. (3) und (4) die Stromstärken i und i_1, welche übrigens sonst beide der Diff.-Gl.

$$(LL_1 - M^2)\frac{d^3 i}{dt^3} + (WL_1 + W_1 L)\frac{d^2 i}{dt^2} + \left(WW_1 + \frac{L_1}{C}\right)\frac{di}{dt} + \frac{W_1}{C} i = 0 \tag{6}$$

genügen.

In dem speciellen Falle, in welchem $LL_1 - M^2 = 0$ ist (vergl. p. 388), erhält man für Π die Diff.-Gl. zweiter Ordnung

$$(WL_1 + W_1 L)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(WW_1 + \frac{L_1}{C}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1}{C}(\Pi - E) = 0. \tag{7}$$

Diese Diff.-Gl. (7) entspricht einem unverzweigten Stromkreise, ohne Nebenkreis, mit der Capacität C, dem Selbstinduktionscoefficienten

$$L' = L + \frac{W}{W_1} L_1$$

und dem Widerstande

$$W' = W + \frac{L_1}{W_1 C}.$$

Für die Stromstärken hat man jetzt

$$\begin{cases} i = C\dfrac{d\Pi}{dt}, \\ i_1 = \dfrac{L_1}{M}\dfrac{W}{W_1} C\dfrac{d\Pi}{dt} + \dfrac{L_1}{M}\dfrac{\Pi - E}{W_1}. \end{cases} \tag{8}$$

Kehren wir aber zu dem allgemeinen Falle zurück.

2. **Anfangsbedingungen.** Bei einer ersten Anordnung werden die Condensatorpole auch jetzt, wie in den früheren Fällen, mit einem Widerstande w verbunden, den man zur Zeit $t = 0$ bricht. Man erhält dann als Anfangswerthe

(9)
$$\begin{cases} \Pi = \dfrac{w}{W+w} E = \Pi_0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{(W+w)C} = \dfrac{i_0}{C}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C}. \end{cases}$$

(10)
$$\begin{cases} i = \dfrac{E}{W+w} = i_0, \\ \dfrac{di}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C}. \end{cases}$$

(11)
$$\begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2} = \dfrac{M}{(LL_1 - M^2)}\dfrac{i_0}{C}. \end{cases}$$

Die Π-Curve fängt mit einem Inflexionspunkte, die i-Curve mit einem Maximum, die i_1-Curve mit einem Minimum an.

Bei der zweiten Anordnung ist der Stromkreis mit dem Widerstande W irgendwo offen und wird zur Zeit $t = 0$ plötzlich hergestellt. Alsdann folgen die Anfangswerthe

(12)
$$\begin{cases} \Pi = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{E}{C}, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{WL_1^2 + W_1M^2}{(LL_1 - M^2)^2}\dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

(13)
$$\begin{cases} i = 0, \\ \dfrac{di}{dt} = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}E, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{WL_1^2 + W_1M^2}{(LL_1 - M^2)^2}E. \end{cases}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{M}{LL_1 - M^2} E, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = \dfrac{M(WL_1 + W_1 L)}{(LL_1 - M^2)^2} E. \end{cases}$$

Die Curve für Π beginnt mit einem Minimum.

In dem stationären Endzustande hat man

$$(15)\qquad \begin{cases} \Pi = E, \\ i = 0; \quad i_1 = 0. \end{cases}$$

3. **Charakter der Ladung.** In der allgemeinen Lösung der Diff.-Gl. (5)

$$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t}$$

sind λ_1, λ_2 und λ_3 die Wurzeln der Gl. dritten Grades

$$(16)\qquad (LL_1 - M^2) r^3 - (WL_1 + W_1 L) r^2 + \left(WW_1 + \frac{L_1}{C}\right) r - \frac{W_1}{C} = 0.$$

Wir setzen

$$(17)\qquad \begin{cases} A_0 = LL_1 - M^2, \\ A_1 = WL_1 + W_1 L, \\ A_2 = WW_1 + \dfrac{L_1}{C}, \\ A_3 = \dfrac{W_1}{C}, \end{cases}$$

und haben dann

$$(18)\qquad A_0 r^3 - A_1 r^2 + A_2 r - A_3 = 0.$$

Die Discriminante der Gl. (16) ist

$$(19)\qquad D = K_0 + \frac{K_1}{C} + \frac{K_2}{C^2} + \frac{K_3}{C^3},$$

worin die Coefficienten K die Werthe

$$(20)\qquad \begin{cases} K_0 = W^2 W_1^2 \{(WL_1 - W_1 L)^2 + 4 WW_1 M^2\}, \\ K_1 = 6 WW_1^2 (LL_1 - M^2)(WL_1 + 3 W_1 L) - 2 W_1 (WL_1 + W_1 L)^2 (2 W_1 L + WL_1), \\ K_2 = (WL_1 + W_1 L)^2 L_1^2 + 3 (LL_1 - M^2) \{2 WW_1 L_1^2 - 3 W_1^2 LL_1 + 9 W_1^2 M^2\}, \\ K_3 = -4 (LL_1 - M^2) L_1^3 \end{cases}$$

haben. Es ist K_0 immer positiv, K_3 immer negativ, und eine ganz ähnliche Discussion der Gl.

$$D = 0$$

wie im Art. 4 Abschn. XI ist hier ausführbar.

Die Discriminante D ist in Bezug auf jeden der Widerstände W und W_1 vom vierten Grade, in Bezug auf M vom vierten Grade, in Bezug auf L vom dritten und in Bezug auf L_1 vom vierten Grade.

Bei positiver Discriminante hat man aperiodische, bei negativer Discriminante periodische Ladung.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten F, G und H in dem Ausdrucke

$$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} \tag{21}$$

erhält man jetzt mit Anwendung der Anfangswerthe auf p. 445 die Gleichungen

$$\begin{cases} F + G + H = \Pi_0 - E = -Wi_0, \\ F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = -\dfrac{i_0}{C}, \\ F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = 0. \end{cases} \tag{22}$$

Indem man diese Gleichungen auflöst und von den Werthen der elementarsymmetrischen Functionen der Wurzeln der Gl. (18) Gebrauch macht, findet man

$$\begin{cases} F = \dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1}{C^2}\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2} i_0 \\ G = \dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1}{C^2}\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2} i_0, \\ H = \dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \dfrac{L_1}{C^2}\left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2} i_0. \end{cases} \tag{23}$$

Somit folgt

$$\Pi = E + \frac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \frac{L_1}{C^2} i_0 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1^2} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2^2} e^{-\lambda_2 t} + \right.$$
$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3^2} e^{-\lambda_3 t} \right\}, \tag{24}$$

und

$$(25)\quad \begin{cases} i = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\, i_0 \left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t}\right\}. \\ \dfrac{di}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = \dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\, i_0 \left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Ferner ergiebt die Formel (4) p. 444, indem noch von der Gl. (16) p. 446 Gebrauch gemacht wird,

$$(26)\quad \begin{cases} i_1 = \dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{M}{C}\, i_0 \left\{(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{M}{C}\, i_0 \left\{\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

5. **Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Für die Discussion von Π, i und i_1 enthalten die Art. 6, 7 und 8 im Abschn. XI Alles, was erforderlich ist um ex analogia zu schliessen. Es werden deshalb hier nur die Resultate angeführt.

Wir nehmen, wie immer,

$$(27)\qquad \lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0.$$

Unter der Voraussetzung

$$(28)\quad (A)\qquad \lambda_3 < \frac{W_1}{L_1}$$

wächst Π fortwährend, von dem Werthe Π_0, für $t = 0$, zu dem Werthe E, für $t = \infty$. Die Π-Curve beginnt mit einem Inflexionspunkte, enthält aber keinen zweiten Inflexionspunkt.

Die Stromstärke i nimmt unter derselben Voraussetzung von dem Anfangswerthe i_0 zu dem Endwerthe Null ab. Die i-Curve fängt mit einem Maximum an.

Die Gl.

$$\frac{d^2 i}{dt^2} = 0,$$

d. h.

$$(29)\quad \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

besitzt jetzt eine endliche positive Wurzel t_{02}. Die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion $-L\frac{di}{dt}$ ist Null für $t=0$ und $t=\infty$, sonst immer positiv und besitzt zur Zeit t_{02} das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = -\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{L\,L_1}{C}\,i_0\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{02}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{02}}+\right.$$

(30)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{02}}\right\}.$$

Es werde jetzt vorausgesetzt, dass die Ungleichheit

(31) (B) $$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1}$$

besteht. Alsdann besitzt die Gl.

$$\frac{d\Pi}{dt}=0,$$

d. h.

(32) $$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0$$

eine positive Wurzel t_{03} und die Gl.

$$\frac{d^2\Pi}{dt^2}=0,$$

d. h.

(33) $$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0$$

eine positive Wurzel t_{04}. Die Gl. (29) besitzt zwei positive Wurzeln t_{02} und t_{05}, von denen t_{02} die kleinere sein mag.

Die Grössen Π, i und $-L\frac{di}{dt}$ verhalten sich jetzt wie folgt.

Das Potential Π wächst von Π_0 an zu dem der Zeit t_{03} entsprechenden Maximum

$$\Pi_{\max} = E+\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{L_1}{C^2}\,i_0\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t_{03}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t_{03}}+\right.$$

(34)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t_{03}}\right\}$$

und nimmt dann zu dem schliesslichen Werthe E ab. Für die Abscissen $t=0$ und $t=t_{04}$ hat die Π-Curve Inflexionspunkte.

Die Stromstärke i nimmt von dem Maximum i_0 ab, wird gleich Null zur Zeit t_{03}, nimmt ferner ab und erreicht zur Zeit t_{04} das Minimum

$$i_{\min} = -\frac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \frac{L_1}{C} i_0 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t_{04}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t_{04}} + \right.$$

(35)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t_{04}} \right\}.$$

Nachher wächst i bis Null.

Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ wächst von Null an zu dem der Zeit t_{02} entsprechenden Maximum, dessen Ausdruck in der Formel (30) enthalten ist, nimmt dann ab, wird Null zur Zeit t_{04} und erreicht zur Zeit t_{05} das Minimum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -\frac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} \frac{LL_1}{C} i_0 \left\{ \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t_{05}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t_{05}} + \right.$$

(36)

$$\left. + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t_{05}} \right\},$$

wächst wieder und wird gleich Null für $t = \infty$.

Aus dem Obigen ist das Verhalten der von der gegenseitigen Induktion herrührenden elektromotorischen Kraft im Nebenstromkreise $-M\frac{di}{dt}$ in den beiden Fällen (A) und (B) unmittelbar klar.

Man zeigt einfach, analog wie im Art. 10 Abschn. XIII, dass die Hypothese

(37) (C) $$\lambda_3 = \frac{W_1}{L_1}$$

nicht statthaft ist.

Für die Discussion der Grössen i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$ braucht man keinen Unterschied zwischen den Fällen (A) und (B) zu machen. Die Gleichung

$$\frac{di_1}{dt} = 0$$

d. h.

(38) $$\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

hat ausser $t = 0$ und $t = \infty$ die einzige positive Wurzel t_{12}. Die Gleichung

$$i_1 = 0,$$

d. h.

(39) $$(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

hat keine endliche positive Wurzel, und die Gleichung

$$\frac{d^2 i_1}{dt^2} = 0,$$

d. h.

$$\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t}+\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t}+\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{40}$$

hat die beiden positiven endlichen Wurzeln t_{11} und t_{13}. Es ist

$$0<t_{11}<t_{12}<t_{13}<\infty\,. \tag{41}$$

Die Stromstärke i_1 nimmt von dem Anfangswerthe Null, welcher ein Minimum ist, zu, erreicht zur Zeit t_{12} den grössten Werth

$$(i_1)_{\max}=\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{M}{C}\,i_0\left\{(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{12}}+(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{12}}+(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\}, \tag{42}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem schliesslichen Werthe Null, für $t=\infty$.

Die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$ nimmt von Null an ab, zeigt zur Zeit t_{11} das Minimum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\min}=\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{L_1M}{C}\,i_0\left\{\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{11}}+\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{11}}+\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)\,e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\}, \tag{43}$$

wächst, wird gleich Null für $t=t_{12}$ und erreicht zur Zeit t_{13} das Maximum

$$\left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max}=\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{L_1M}{C}\,i_0\left\{\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)\,e^{-\lambda_1 t_{13}}+\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_2 t_{13}}+(\lambda_1-\lambda_2)\lambda_3\,e^{-\lambda_3 t_{13}}\right\}. \tag{44}$$

und nimmt dann ab bis zu Null, welcher Werth für $t=\infty$ folgt.

Auch die gesammten Induktionskräfte, nämlich $-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}$ im Hauptkreise und $-L_1\frac{di_1}{dt}-M\frac{di}{dt}$ im Nebenkreise könnten einfach discutirt werden. Gemäss der zweiten Gl. (1) ist die letztere Grösse proportional i_1 und braucht somit nicht besonders betrachtet zu werden. Für die erstere berechnet man

$$\begin{aligned}-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}=&-\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{WL_1}{C}\,i_0\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_1-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}\,e^{-\lambda_1 t}+\right.\\&\left.+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_2-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}\,e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_3-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}\,e^{-\lambda_3 t}\right\}.\end{aligned} \tag{45}$$

Es kommen bei der Discussion die Grössen

$$\left\{\begin{aligned}S_1&=\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_1-\frac{1}{CW}\right),\\S_2&=\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_2-\frac{1}{CW}\right),\\S_3&=\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_3-\frac{1}{CW}\right)\end{aligned}\right. \tag{46}$$

in Betracht. In dem Falle (B) genügt es sogar nur die letzteren Factoren ins Auge zu fassen. Weil die Grösse (45) für $t=0$ gleich Null ist, so können S_1, $-S_2$ und S_3 nicht alle dasselbe Zeichen haben. Es bleiben dann vier Fälle, in welchen S_1, S_2 und S_3 nicht dasselbe Zeichen besitzen und die beiden Fälle, in welchen S_1, S_2 und S_3 alle positiv sind oder alle negativ sind.

Es kann die Gl.

$$L\frac{d^2i}{dt^2}+M\frac{d^2i_1}{dt^2}=0,$$

d. h.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_1-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_2-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+ \tag{47}$$
$$+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_3-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}=0$$

entweder eine endliche positive Wurzel besitzen oder zwei solche Wurzeln besitzen. Das erstere trifft ein, falls S_1, S_2 und S_3 nicht alle dasselbe Zeichen haben, falls sie alle negativ sind, oder falls sie alle positiv sind und entweder die Bedingung

$$\lambda_2>\frac{L_1W}{LL_1-M^2} \tag{48}$$

besteht oder die Bedingung

$$\lambda_2<\frac{L_1W}{LL_1-M^2} \tag{49}$$

erfüllt wird und die Grösse

$$q_{\max}=S_1\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}\left(\frac{\lambda_1S_1}{\lambda_1S_1}\right)^{\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_1S_1}\right)^{\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}}+S_2\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}\left(\frac{\lambda_1S_1}{\lambda_3}\right)^{\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_1S_1}\right)^{\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}}+S_3\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}} \tag{50}$$

positiv ist, das letztere ist der Fall, nur wenn S_1, S_2 und S_3 alle positiv sind, die Bedingung (49) erfüllt wird und die Grösse (50) negativ ist.

Wenn die Gl. (47) nur eine Wurzel t_{21} hat, so wird $-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}$ von dem Anfangswerthe Null wachsen, zur Zeit t_{21} ein Maximum erreichen und dann abnehmen, um für $t=\infty$ gleich Null zu werden.

Hat die Gl. (47) dagegen zwei Wurzeln, so wird $-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{di}$ von Null an zuerst wachsen, zur Zeit t_{21} ein Maximum werden, dann abnehmen, zu einer Zeit t_{22}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_1-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_2-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t}+ \tag{51}$$
$$+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\left(\lambda_3-\frac{1}{CW}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t}=0$$

ist, gleich Null werden, weiter abnehmen, zur Zeit t_{23}, welche die grössere Wurzel der Gl. (47) ist, einen negativen kleinsten Werth erreichen, und dann beständig wachsen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

6. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten in der Formel

$$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t}$$

hat man jetzt, mit Anwendung der Anfangswerthe (12) p. 445

$$(52)\qquad \begin{cases} F + G + H = -E, \\ F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 = 0, \\ F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{E}{C}. \end{cases}$$

Man berechnet hieraus

$$(53)\qquad \begin{cases} F = E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1}, \\ G = E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2}, \\ H = E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3}. \end{cases}$$

Somit folgt

$$(54)\qquad \begin{cases} \Pi = E + E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}\dfrac{L_1}{C}\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_3 - \lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt} = -E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}L_1\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}, \\ \dfrac{di}{dt} = C\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = E\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}}L_1\left\{\left(\lambda_1 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3 - \lambda_1)e^{-\lambda_2 t} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\lambda_3 - \dfrac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}. \end{cases}$$

Für i_1 und $\frac{di_1}{dt}$ leitet man ab:

$$(55)\quad \begin{cases} i_1 = M\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} E \left\{ \lambda_1 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \lambda_3 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \right\}, \\ \dfrac{di_1}{dt} = -M\dfrac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} E \left\{ \lambda_1^2 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2^2 (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \lambda_3^2 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} \right\}. \end{cases}$$

7. **Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Discussion von Π und i kann nach Muster der Art. 10, 11 und 12 im Abschn. XI geschehen.

Das Potential Π nimmt von Null an zu dem schliesslichen Werthe E zu, vorausgesetzt, dass

$$(56)\quad (A) \qquad \lambda_3 < \frac{W_1}{L_1}$$

ist. Im Curvenanfang liegt ein Minimum. Gleichzeitig wächst die Stromstärke i von Null zu dem der Zeit t_{02}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$(57)\quad \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_1 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_2 (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_3 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist, entsprechenden Maximum

$$(58)\quad \begin{aligned} i_{\max} = -E\frac{LL_1 - M^2}{\sqrt{D}} L_1 \Big\{ & \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t_{02}} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t_{02}} + \\ & - \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t_{02}} \Big\}. \end{aligned}$$

und nimmt dann zu dem schlieslichen Werthe Null ab.

Unter der Voraussetzung (56) wächst die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ von dem negativen Anfangswerthe

$$-\frac{LL_1}{LL_1 - M^2} E,$$

wird Null zur Zeit t_{02} und erreicht zur Zeit t_{03}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

$$(59)\quad \left(\lambda_1 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_1^2 (\lambda_2 - \lambda_3) e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_2^2 (\lambda_3 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W_1}{L_1}\right) \lambda_3^2 (\lambda_1 - \lambda_2) e^{-\lambda_3 t} = 0$$

ist, das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = -E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}LL_1\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{03}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{03}}+\right.$$

(60)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{03}}\right\},$$

und nimmt dann bis Null ab.

Das Verhalten der Grösse $-M\frac{di}{dt}$ ist hiermit unmittelbar klar.

Es werde ferner vorausgesetzt, dass

(61) (B) $$\lambda_3 > \frac{W_1}{L_1}$$

ist. Alsdann wächst Π von Null an zu dem der Zeit t_{04}, welche die einzige positive Wurzel der Gl.

(62) $$\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0$$

ist, entsprechenden Maximum

$$\Pi_{\max} = E+E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}\frac{L_1}{C}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_2-\lambda_3}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t_{04}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_3-\lambda_1}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t_{04}}+\right.$$

(63)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t_{04}}\right\}$$

und nimmt dann zu dem Endwerthe E ab. Die Π-Curve hat für $t=0$ ein Minimum und für $t=t_{02}$ und $t=t_{05}$, welche die Wurzeln der Gl. (57) sind, Inflexionspunkte.

Die Stromstärke i ist Null für $t=0$, wächst, erreicht zur Zeit t_{02} das Maximum

$$i_{\max} = -E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}L_1\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{02}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{02}}+\right.$$

(64)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{02}}\right\},$$

nimmt dann ab, wird Null für $t=t_{04}$ und erreicht zur Zeit t_{05} das Minimum

$$i_{\min} = -E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}L_1\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{05}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{05}}+\right.$$

(65)

$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{05}}\right\},$$

um nachher bis Null zu wachsen.

Die Gl. (59) hat jetzt zwei positive Wurzeln t_{03} und t_{06}, von welchen t_{03} zwischen t_{02} und t_{05} liegt, t_{06} grösser als t_{05} ist. Die Grösse $-L\frac{di}{dt}$ wächst von demselben negativen Anfangswerthe wie im Falle (A), wird Null zur Zeit t_{02} und erreicht zur Zeit t_{03} das Maximum

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\max} = -E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}LL_1\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{03}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{03}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{03}}\right\}, \tag{66}$$

nimmt dann ab, wird Null für $t=t_{05}$ und erreicht für $t=t_{06}$ den kleinsten Werth

$$\left(-L\frac{di}{dt}\right)_{\min} = -E\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}LL_1\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{06}}+\left(\lambda_2-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{06}}+\right.$$
$$\left.+\left(\lambda_3-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{06}}\right\}, \tag{67}$$

um alsdann bis Null zu wachsen.

Bei der Discussion von i_1 und $-L_1\frac{di_1}{dt}$ kommen die Gleichungen

$$\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0, \tag{68}$$

$$\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0, \tag{69}$$

$$\lambda_1^3(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\lambda_2^3(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\lambda_3^3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0 \tag{70}$$

in Betracht. Es hat die Gl. (68) eine endliche positive Wurzel t_{12}', die Gl. (69) zwei solche Wurzeln t_{11} und t_{13} und die Gl. (70) ebenfalls zwei solche Wurzeln t_{12} und t_{14}.

Die Stromstärke i_1 nimmt von Null an ab, erreicht für $t=t_{11}$ das negative Minimum

$$(i_1)_{\min} = M\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}E\left\{\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{11}}+\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{11}}+\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{11}}\right\}, \tag{71}$$

nimmt zu, wird Null für $t=t_{12}'$, nimmt weiter zu bis zu dem für $t=t_{13}$ eintretenden grössten Werthe

$$(i_1)_{\max} = M\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}E\left\{\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{13}}+\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{13}}+\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{13}}\right\}, \tag{72}$$

und nimmt dann ab, bis zu dem Werthe Null, für $t=\infty$.

Die Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$ fängt mit dem positiven Werthe $\frac{ML_1}{LL_1-M^2}E$ an, nimmt ab, wird Null zur Zeit t_{11} und zeigt zur Zeit t_{12} das negative Minimum

$$(73)\quad \left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\min}=ML_1\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}E\left\{\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{12}}+\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{12}}+\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{12}}\right\},$$

wächst dann, wird Null für $t=t_{13}$ und erreicht zur Zeit t_{14} das Maximum

$$(74)\quad \left(-L_1\frac{di_1}{dt}\right)_{\max}=ML_1\frac{LL_1-M^2}{\sqrt{D}}E\left\{\lambda_1^2(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t_{14}}+\lambda_2^2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t_{14}}+\lambda_3^2(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t_{14}}\right\},$$

nimmt ab und wird schliesslich gleich Null für $t=\infty$.

Die Grösse $-M\frac{di_1}{dt}$ ist proportional der zuletzt untersuchten Grösse $-L_1\frac{di_1}{dt}$. Die gesammte Induktionskraft im Nebenkreise ist proportional i_1, und für die gesammte Induktionskraft im Hauptkreise findet man

$$(75)\quad \begin{aligned}-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}=&-E\frac{(LL_1-M^2)^2}{\sqrt{D}}\left\{\left(\lambda_1-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\right.\\&\left.+\left(\lambda_2-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\left(\lambda_3-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}\right\}.\end{aligned}$$

Es hat die Gl.

$$(76)\quad \begin{aligned}&\left(\lambda_1-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)e^{-\lambda_1 t}+\left(\lambda_2-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_2(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_2 t}+\\&\left(\lambda_3-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda_3(\lambda_1-\lambda_2)e^{-\lambda_3 t}=0\end{aligned}$$

eine endliche positive Wurzel t_{21}, falls

$$(77)\quad \lambda_3<\frac{W_1L}{LL_1-M^2}$$

ist, keine solche Wurzel, falls

$$(78)\quad \lambda_3>\frac{W_1L}{LL_1-M^2}$$

ist, und entweder die Ungleichung

$$(79)\quad \lambda_2>\frac{WL_1}{LL_1-M^2}$$

oder die beiden Ungleichungen

$$(80)\quad \lambda_2<\frac{WL_1}{LL_1-M^2}$$

und

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_1(\lambda_2 - \lambda_3)\left[\frac{\left(\lambda_3 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_3}{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_1}\right]^{\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_3}} +$$

(81)

$$+\left(\lambda_3 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_3(\lambda_1 - \lambda_2)\left[\frac{\left(\lambda_1 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_1}{\left(\lambda_3 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_3}\right]^{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1 - \lambda_3}} > \left(\lambda_2 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_2(\lambda_1 - \lambda_3)$$

auf ein Mal bestehen. Schliesslich hat man zwei positive endliche Wurzeln t_{21} und t_{23} zu der Gl. (76), falls die Ungleichungen (78), (80) und diejenige Ungleichung auf ein Mal erfüllt sind, welche aus (81) entsteht, indem das Zeichen $>$ mit $<$ ersetzt wird.

Die Gl.

$$\left(\lambda_1 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_1^2(\lambda_2 - \lambda_3)e^{-\lambda_1 t} + \left(\lambda_2 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_2^2(\lambda_3 - \lambda_1)e^{-\lambda_2 t} +$$

(82)

$$\left(\lambda_3 - \frac{W_1 L}{LL_1 - M^2}\right)\lambda_3^2(\lambda_1 - \lambda_2)e^{-\lambda_3 t} = 0$$

hat ebenso viele positive endliche Wurzeln wie die Gl. (76). Sie seien t_{22}, falls es nur eine giebt, und t_{22} und t_{24}, falls es zwei giebt.

Wenn es keine positive endliche Wurzel der Gl. (76) und (82) giebt, so nimmt die Grösse $-L\frac{di}{dt} - M\frac{di_1}{dt}$ beständig zu, von dem Anfangsverthe $-E$, für $t = 0$, bis zu Null, für $t = \infty$.

Wenn die Gl. (76) die Wurzel t_{21} und die Gl. (82) die Wurzel t_{22} besitzt, so wird $-L\frac{di}{dt} - M\frac{di_1}{dt}$ von $-E$ an wachsen, zur Zeit t_{21} gleich Null werden, weiter wachsen, für $t = t_{22}$ einen grössten Werth annehmen und dann beständig abnehmen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

Wenn es schliesslich zwei positive Wurzeln der Gl. (76) und (82) giebt, so wird $-L\frac{di}{dt} - M\frac{di_1}{dt}$ von $-E$ an wachsen, zur Zeit t_{21} Null werden, zur Zeit t_{22} ein Maximum zeigen, alsdann abnehmen, zur Zeit t_{23} wieder gleich Null werden und für $t = t_{24}$ ein negatives Minimum annehmen, um nachher beständig zu wachsen, bis zu dem Werthe Null, für $t = \infty$.

8. **Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Bei negativer Discriminante D ist der Ausdruck des Potentiales Π von der Form

$$\Pi = Fe^{-\lambda t} + e^{-at}\{G\cos\beta t + H\sin\beta t\} + E, \tag{83}$$

worin F, G und H reel, λ und a reel und positiv sind. Zur Bestimmung der Constanten F, G und H geben die Anfangsbedingungen (9) p. 445

$$\begin{cases} F+G=-Wi_0, \\ F\lambda+Ga-H\beta=-\dfrac{i_0}{C}, \\ F\lambda^2+G(a^2-\beta^2)-2Ha\beta=0, \end{cases} \tag{84}$$

und man berechnet hieraus

$$\begin{cases} \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{F}{i_0}=\dfrac{L_1}{C^2(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{1}{\lambda^2}, \\ \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{G}{i_0}=W\left\{\lambda(2a-\lambda)-\dfrac{2a}{CW}\right\}, \\ \beta\{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{H}{i_0}=W\left\{\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)-\dfrac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{CW}\right\}. \end{cases} \tag{85}$$

Mit diesen Werth folgt

$$\begin{aligned} \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\frac{\Pi-E}{i_0} &= \frac{L_1}{C^2(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}+ \\ &+We^{-at}\left\{\left[\lambda(2a-\lambda)-\frac{2a}{CW}\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a^2-\beta^2-a\lambda)-\frac{a^2-\beta^2-\lambda^2}{CW}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{aligned} \tag{86}$$

und nach Differentiation

$$\begin{cases} \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{i}{i_0}=-\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)\dfrac{e^{-\lambda t}}{\lambda} \\ \qquad -e^{-at}\left\{\left[\dfrac{WW_1}{LL_1-M^2}-(a^2+\beta^2+\lambda^2)\right]\cos\beta t-\left[\dfrac{WW_1(\lambda-a)}{LL_1-M^2}+a(a^2+\beta^2-\lambda^2)\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\ \{(\lambda-a)^2+\beta^2\}\dfrac{1}{i_0}\dfrac{di}{dt}=\dfrac{L_1}{C(LL_1-M^2)}\left(\lambda-\dfrac{W_1}{L_1}\right)e^{-\lambda t}+e^{-at}\left\{\lambda\left[\dfrac{WW_1}{LL_1-M^2}-2a\lambda\right]\cos\beta t+\right. \\ \qquad \left.+\left[\dfrac{WW_1}{LL_1-M^2}(a^2+\beta^2-a\lambda)-(a^2+\beta^2)^2+\lambda^2(a^2-\beta^2)\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}. \end{cases} \tag{87}$$

Für die Stromstärke i_1 hat man einen Ausdruck von der Form

$$i_1 = F_1e^{-\lambda t} + e^{-at}\{G_1\cos\beta t + H_1\sin\beta t\} \tag{88}$$

und erhält nach gehöriger Constantenbestimmung, auf Grund der Anfangsbedingungen (11),

$$\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\, i_1 = \frac{M}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C}\left\{e^{-\lambda t}-e^{-\alpha t}\left[\cos\beta t+(\alpha-\lambda)\frac{\sin\beta t}{\beta}\right]\right\}, \tag{89}$$

ferner

$$\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\frac{di_1}{dt} = -\frac{M}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C}\left\{\lambda e^{-\lambda t}-e^{-\alpha t}\left[\lambda\cos\beta t+(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\frac{\sin\beta t}{\beta}\right]\right\}. \tag{90}$$

Für die gesammte Induktionskraft im Hauptkreise folgt

$$\begin{aligned}\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\left[-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}\right] &= -\left(\lambda-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\frac{i_0}{C}e^{-\lambda t}+\\ &+\frac{i_0}{C}e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right]\cos\beta t+\left[\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda+(\lambda-\alpha)\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.\end{aligned} \tag{91}$$

Wie p. 450 hervorgehoben wurde, ist eine Wurzel $\lambda = \frac{W_1}{L_1}$ nicht möglich. Dagegen ergiebt sich

$$\lambda = \frac{W_1L}{LL_1-M^2},$$

falls die Relation

$$WW_1 = \frac{LL_1-M^2}{LC}$$

erfüllt wird. Die Grösse $-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}$ führt dann regelmässig gedämpfte Schwingungen aus.

9. **Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Zur Bestimmung der Constanten in dem Ausdrucke (83) dienen jetzt die Anfangsbedingungen (12), und man berechnet

$$\left\{\begin{aligned}&\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\frac{\Pi-E}{E} = \frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{1}{C}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda}\\ &\qquad -e^{-\alpha t}\left\{\left[\lambda^2-2\alpha\lambda+\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{1}{C}\right]\cos\beta t-\left[\lambda\,(\alpha^2-\beta^2-\alpha\lambda)+\frac{L_1(\lambda-\alpha)}{(LL_1-M^2)C}\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\ &\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\frac{i}{E} = -\frac{L_1}{LL_1-M^2}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)e^{-\lambda t}+\\ &\qquad +\frac{L_1}{LL_1-M^2}e^{-\alpha t}\left\{\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\cos\beta t+\left[\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda+\frac{W_1}{L_1}(\lambda-\alpha)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\},\\ &\{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2\}\frac{1}{E}\frac{di}{dt} = \frac{L_1}{LL_1-M^2}\left(\lambda-\frac{W_1}{L_1}\right)\lambda e^{-\lambda t}+\frac{L_1}{LL_1-M^2}e^{-\alpha t}\left\{\left[\alpha^2+\beta^2-2\alpha\lambda+\right.\right.\\ &\qquad \left.\left.+\frac{W_1}{L_1}\lambda\right]\cos\beta t+\left[\lambda(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\beta^2)+\frac{W_1}{L_1}(\alpha^2+\beta^2-\alpha\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.\end{aligned}\right. \tag{92}$$

Weiter folgt

$$(93)\quad \begin{cases} \left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\dfrac{LL_1-M^2}{M}\dfrac{i_1}{E}=\lambda e^{-\lambda t}-e^{-at}\left\{\lambda\cos\beta t+(a^2+\beta^2-a\lambda)\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \\ \left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\dfrac{LL_1-M^2}{M}\dfrac{1}{E}\dfrac{di_1}{dt}=-\lambda^2 e^{-\lambda t}-e^{-at}\left\{(a^2+\beta^2-2a\lambda)\cos\beta t+\right. \\ \qquad\qquad\left.+\left[\lambda(a^2-\beta^2)-a(a^2+\beta^2)\right]\dfrac{\sin\beta t}{\beta}\right\}, \end{cases}$$

sowie

$$(94)\quad \left\{(\lambda-a)^2+\beta^2\right\}\frac{1}{E}\left(-L\frac{di}{dt}-M\frac{di_1}{dt}\right)=-\left(\lambda-\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\right)\lambda e^{-\lambda t}$$

$$-e^{-at}\left\{\left[a^2+\beta^2-2a\lambda+\frac{W_1L}{LL_1-M^2}\lambda\right]\cos\beta t+\left[\lambda(a^2-\beta^2)-a(a^2+\beta^2)+\right.\right.$$

$$\left.\left.+\frac{W_1L}{LL_1-M^2}(a^2+\beta^2-a\lambda)\right]\frac{\sin\beta t}{\beta}\right\}.$$

XXIII. Unverzweigter Stromkreis mit Capacität enthaltendem Nebenkreis.

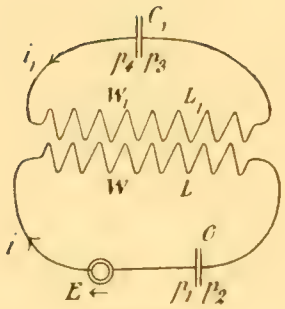


Fig. 61.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die Anordnung sei jetzt die in der Fig. 61 veranschaulichte, wobei ein unverzweigter Hauptstromkreis auf einen einen Condensator einschliessenden Nebenstromkreis inducirend einwirkt. Wendet man die Bezeichnungen in der Figur an, und setzt ausserdem

$$\Pi = p_2 - p_1\,; \quad P = p_4 - p_3\,,$$

so erhält man das folgende System von Gleichungen

$$(1)\qquad \begin{cases} E - \Pi - L\dfrac{di}{dt} - M\dfrac{di_1}{dt} = i\,W\,, \\ P - L_1\dfrac{di_1}{dt} - M\dfrac{di}{dt} = i_1 W_1\,, \\ i = C\dfrac{d\Pi}{dt}\,; \quad i_1 = -C_1\dfrac{dP}{dt}\,. \end{cases}$$

Durch Elimination von i und i_1 folgt

$$(2)\qquad \begin{cases} E - \Pi - LC\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} + MC_1\dfrac{d^2P}{dt^2} = WC\dfrac{d\Pi}{dt}\,, \\ P + L_1C_1\dfrac{d^2P}{dt^2} - MC\dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = -W_1C_1\dfrac{dP}{dt}\,. \end{cases}$$

Differentiirt man die letztere dieser Gl. zwei Mal und setzt nachher die aus der ersteren Gl. abgeleiteten Werthe von $\frac{d^2P}{dt^2}$, $\frac{d^3P}{dt^3}$ und $\frac{d^4P}{dt^4}$ ein, so erhält man für Π die Diff.-Gl. vierter Ordnung

$$(LL_1 - M^2)\frac{d^4\Pi}{dt^4} + (WL_1 + W_1 L)\frac{d^3\Pi}{dt^3} + \left(WW_1 + \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(\frac{W}{C_1} + \frac{W_1}{C}\right)\frac{d\Pi}{dt} +$$

(3)

$$+ \frac{1}{CC_1}\Pi = \frac{1}{CC_1}E.$$

Setzt man $C_1 = \infty$, so erhält man hieraus eine Gl., welche durch einmalige Differentiation der Gl. (5) p. 444 hervorgeht, wie es ja sein muss.

Das Potential P genügt der Gl.

$$(LL_1 - M^2)\frac{d^4P}{dt^4} + (LW_1 + L_1 W)\frac{d^3P}{dt^3} + \left(WW_1 + \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right)\frac{d^2P}{dt^2} +$$

(4)

$$+ \left(\frac{W}{C_1} + \frac{W_1}{C}\right)\frac{dP}{dt} + \frac{1}{CC_1}P = 0.$$

Dieser Gl. genügen auch die Stromstärken i und i_1. Sonst hat man

$$i = C\frac{d\Pi}{dt},$$

$$\frac{M}{CC_1}i_1 = (LL_1 - M^2)\frac{d^3\Pi}{dt^3} + (W_1 L + WL_1)\frac{d^2\Pi}{dt^2} + \left(WW_1 + \frac{L_1}{C}\right)\frac{d\Pi}{dt} + \frac{W_1}{C}(\Pi - E). \quad (5)$$

2. **Anfangsbedingungen.** Wir begnügen uns jetzt mit einer einzigen Art von Anfangsbedingungen, indem die Pole des Condensators mit der Capacität C mit einem Widerstande w verbunden werden, den man zur Zeit $t = 0$ bricht. Als Anfangswerthe berechnet man dann, indem für $t = 0$ die Werthe von Π und i bekannt sind, sowie i_1 gleich Null ist,

$$\left|\begin{array}{l} \Pi = \dfrac{w}{W+w}E = \Pi_0, \\ \dfrac{d\Pi}{dt} = \dfrac{E}{(W+w)C} = \dfrac{i_0}{C}, \\ \dfrac{d^2\Pi}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi}{dt^3} = -\dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C^2}, \\ \dfrac{d^4\Pi}{dt^4} = \dfrac{WL_1^2 + W_1 M^2}{(LL_1 - M^2)^2}\dfrac{i_0}{C^2}. \end{array}\right. \quad (6)$$

$$(7)\qquad \begin{cases} i = i_0 = \dfrac{E}{W+w}, \\ \dfrac{di}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i}{dt^2} = -\dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C}. \\ \dfrac{d^3i}{dt^3} = \dfrac{WL_1^2 + W_1M^2}{(LL_1 - M^2)^2}\dfrac{i_0}{C}. \end{cases}$$

$$(8)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2} = \dfrac{M}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C}. \\ \dfrac{d^3i_1}{dt^3} = -\dfrac{M(W_1L + WL_1)}{(LL_1 - M^2)^2}\dfrac{i_0}{C}. \end{cases}$$

In dem schliesslichen stationären Zustande hat man

$$\Pi = E,$$

$$i = i_1 = 0.$$

3. **Charakter der Ladung.** Die allgemeine Lösung der Diff.-Gl. (3) hat die Form

$$(9)\qquad \Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + Ke^{-\lambda_4 t},$$

worin λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 die Wurzeln der biquadratischen Gl.

$$(10)\qquad (LL_1 - M^2)r^4 - (LW_1 + L_1W)r^3 + \left(WW_1 + \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right)r^2 - \left(\frac{W}{C_1} + \frac{W_1}{C}\right)r + \frac{1}{CC_1} = 0$$

sind. Wir setzen

$$(11)\qquad \begin{cases} A_0 = LL_1 - M^2, \\ A_1 = LW_1 + L_1W, \\ A_2 = WW_1 + \dfrac{L}{C_1} + \dfrac{L_1}{C}, \\ A_3 = \dfrac{W}{C_1} + \dfrac{W_1}{C}, \\ A_4 = \dfrac{1}{CC_1}, \end{cases}$$

und haben dann

$$(12)\qquad A_0r^4 - A_1r^3 + A_2r^2 - A_3r + A_4 = 0.$$

Eine cubische Resolvente dieser Gl. ist

$$s^3+2\left(\frac{A_2}{A_0}-\frac{3}{8}\frac{A_1^2}{A_0^2}\right)s^2+\left(\frac{3}{16}\frac{A_1^4}{A_0^4}-\frac{A_1^2A_2}{A_0^3}+\frac{A_2^2+A_1A_3}{A_0^2}-4\frac{A_4}{A_0}\right)s$$
$$-\left(\frac{1}{8}\frac{A_1^3}{A_0^3}-\frac{1}{2}\frac{A_1A_2}{A_0^2}+\frac{A_3}{A_0}\right)^2=0\,, \tag{13}$$

oder nach Multiplikation mit A_0^6

$$A_0^6s^3+2A_0^4\left(A_0A_2-\frac{3}{8}A_1^2\right)s^2+A_0^2\left(\frac{3}{16}A_1^4-A_0A_1^2A_2+A_0^2A_2^2+A_0^2A_1A_3-4A_0^3A_4\right)s$$
$$-\left(\frac{1}{8}A_1^3-\frac{1}{2}A_0A_1A_2+A_0^2A_3\right)^2=0\,. \tag{14}$$

Die Discriminante D dieser Gl. bestimmt sich aus der Formel

$$27D=4A^3-B^2\,, \tag{15}$$

wo A und B die erste und zweite Invariante der biquadratischen Function im linken Gliede der Gl. (12) sind und folgende Werthe besitzen

$$\begin{cases} A=A_0^6\left\{A_2^2-3A_1A_3+12A_0A_4\right\}, \\ B=A_0^9\left\{27A_1^2A_4+27A_0A_3^2+2A_2^3-72A_0A_2A_4-9A_1A_2A_3\right\}. \end{cases} \tag{16}$$

Mit Anwendung der in den Formeln (11) enthaltenen ursprünglichen Grössen berechnet man für diese Invarianten die Werthe

$$\begin{cases} \frac{1}{(LL_1-M^2)^6}A=\left(WW_1+\frac{L}{C_1}+\frac{L_1}{C}\right)^2-3(LW_1+L_1W)\left(\frac{W}{C_1}+\frac{W_1}{C}\right)+12(LL_1-M^2)\frac{1}{CC_1}, \\ \frac{1}{(LL_1-M^2)^9}B=27(LW_1+L_1W)^2\frac{1}{CC_1}+27(LL_1-M^2)\left(\frac{W}{C_1}+\frac{W_1}{C}\right)^2+2\left(WW_1+\frac{L}{C_1}+\frac{L_1}{C}\right)^3 \\ \quad -72(LL_1-M^2)\left(WW_1+\frac{L}{C_1}+\frac{L_1}{C}\right)\frac{1}{CC_1}-9(LW_1+L_1W)\left(WW_1+\frac{L}{C_1}+\frac{L_1}{C}\right)\left(\frac{W}{C_1}+\frac{W_1}{C}\right). \end{cases} \tag{17}$$

Es sind jetzt drei verschiedene Fälle möglich.

1) λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 sind alle reel. Die Bedindungen hierfür sind

$$D>0\,,$$
$$\begin{cases} A_0A_2-\frac{3}{8}A_1^2<0\,, \\ \frac{3}{16}A_1^4-A_0A_1^2A_2+A_0^2A_2^2+A_0^2A_1A_3-4A_0^3A_4>0\,. \end{cases} \tag{18}$$

2) λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 sind alle imaginär und zwar paarweise conjugirt, so dass gesetzt werden kann:

$$\begin{cases} \lambda_1 = \gamma + i\delta\,, \\ \lambda_2 = \gamma - i\delta\,, \\ \lambda_3 = \alpha + i\beta\,, \\ \lambda_4 = \alpha - i\beta\,. \end{cases} \tag{19}$$

Dies trifft ein, wenn D positiv ist, die Bedingungen (18) aber nicht erfüllt sind.

3) zwei Wurzeln sind reel und zwei conjugirt imaginär. Wir setzen, indem wir die reellen Wurzeln mit λ_1 und λ_2 bezeichnen,

$$\begin{cases} \lambda_3 = \alpha + i\beta\,, \\ \lambda_4 = \alpha - i\beta\,. \end{cases} \tag{20}$$

Dieser Fall trifft zu, wenn die Discriminante D negativ ist.

In dem Falle 1) soll die Ladung aperiodisch genannt werden, in dem Falle 2) nennen wir sie periodisch und in dem Falle 3) gemischt. Statt der Form (9) für Π, welche dem aperiodischen Falle angehört, hat man im Falle 2) die Form

$$\Pi = E + e^{-\alpha t}\left\{F\cos\beta t + G\sin\beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H\cos\delta t + K\sin\delta t\right\} \tag{21}$$

und im Falle 3) die Form

$$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\left\{H\cos\beta t + K\sin\beta t\right\}. \tag{22}$$

Uebergangsfälle kommen vor, wenn die Discriminante D gleich Null ist. Die Uebergangsfälle sollen nicht näher behandelt werden, sondern beschränken wir uns darauf die verschiedenen Möglichkeiten und die Bedingungen für dieselben anzugeben.

Man hat vier reelle Wurzeln, von denen zwei einander gleich sind, wenn $D = 0$ ist, und die Bedingungen (18) ausserdem erfüllt sind. Die Form der Lösung ist dann

$$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + e^{-\lambda_3 t}(H + Kt)\,, \tag{23}$$

worin die Constanten F, G, H und K alle reel sind.

Es giebt zwei Paare gleicher reeller Wurzeln, falls die Bedingungen

$$\begin{cases} D = 0\,, \\ A_0 A_2 - \frac{3}{8}A_1^2 < 0\,, \\ \frac{3}{16}A_1^4 - A_0 A_1^2 A_2 + A_0^2 A_2^2 + A_0^2 A_1 A_3 - 4A_0^3 A_4 = 0 \end{cases} \tag{24}$$

erfüllt sind. Alsdann hat man

$$\Pi = E + e^{-\lambda_1 t}(F + Gt) + e^{-\lambda_3 t}(H + Kt). \tag{25}$$

Zwei Paare gleicher imaginärer Wurzeln kommen vor, falls

$$\begin{cases} D = 0, \\ A_0 A_2 - \frac{3}{8} A_1^2 > 0, \\ \frac{3}{16} A_1^4 - A_0 A_1^2 A_2 + A_0^2 A_2^2 + A_0^2 A_1 A_3 - 4 A_0^3 A_4 = 0 \end{cases} \tag{26}$$

ist. Die Lösung der Diff.-Gl. (3) hat dann die Form

$$\Pi = E + e^{-\alpha t}\{(F + Gt)\cos\beta t + (H + Kt)\sin\beta t\}. \tag{27}$$

Es giebt drei gleiche reelle Wurzeln, falls die beiden Invarianten A und B (p. 465) gleich Null sind. Dann hat man

$$\Pi = E + e^{-\lambda_1 t}\{F + Gt + Ht^2\} + Ke^{-\lambda_4 t}. \tag{28}$$

Schliesslich sind die vier reellen Wurzeln alle gleich, wenn auf ein Mal

$$\begin{cases} A_0 A_2 - \frac{3}{8} A_1^2 = 0, \\ \frac{1}{8} A_1^3 - \frac{1}{2} A_0 A_1 A_2 + A_0^2 A_3 = 0, \\ \frac{3}{256} A_1^4 - \frac{1}{16} A_0 A_1^2 A_2 + \frac{1}{4} A_0^2 A_1 A_3 - A_0^3 A_4 = 0 \end{cases} \tag{29}$$

ist. Dann folgt

$$\Pi = E + e^{-\lambda_1 t}\{F + Gt + Ht^2 + Kt^3\}. \tag{30}$$

4. **Formeln für die aperiodische Ladung.** Es sind jetzt λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 reel. Die elementarsymmetrischen Functionen dieser Wurzeln haben die Werthe

$$\begin{cases} (LL_1 - M^2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4) = L W_1 + L_1 W, \\ (LL_1 - M^2)(\lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_1\lambda_4 + \lambda_2\lambda_3 + \lambda_2\lambda_4 + \lambda_3\lambda_4) = W W_1 + \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}, \\ (LL_1 - M^2)(\lambda_1\lambda_2\lambda_3 + \lambda_1\lambda_2\lambda_4 + \lambda_1\lambda_3\lambda_4 + \lambda_2\lambda_3\lambda_4) = \frac{W}{C_1} + \frac{W_1}{C}, \\ (LL_1 - M^2)\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 = \frac{1}{CC_1}. \end{cases} \tag{31}$$

Wir nehmen die Wurzeln λ in der Grössenfolge

(32) $$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > 0 .$$

Sie sind alle positiv, weil ja nach dem Satze von Cartesius eine Gl. nicht mehr negative Wurzeln als Zeichenfolgen hat und in der Gl. (10) p. 464 nur Zeichenwechsel vorkommen.

Es sollen jetzt die Constanten F, G, H und K in dem Ausdrucke

(9) $$\Pi = E + Fe^{-\lambda_1 t} + Ge^{-\lambda_2 t} + He^{-\lambda_3 t} + Ke^{-\lambda_4 t}$$

bestimmt werden. Indem man diesen Ausdruck drei Mal differentiirt und die Anfangsbedingungen p. 463 benutzt, erhält man zur Constantenbestimmung die Gl.

(33) $$\begin{cases} F + G + H + K = -Wi_0 , \\ F\lambda_1 + G\lambda_2 + H\lambda_3 + K\lambda_4 = -\dfrac{i_0}{C} , \\ F\lambda_1^2 + G\lambda_2^2 + H\lambda_3^2 + K\lambda_4^2 = 0 , \\ F\lambda_1^3 + G\lambda_2^3 + H\lambda_3^3 + K\lambda_4^3 = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C^2} . \end{cases}$$

Die Determinante der Coefficienten ist

(34) $$\begin{vmatrix} 1 , & 1 , & 1 , & 1 \\ \lambda_1 , & \lambda_2 , & \lambda_3 , & \lambda_4 \\ \lambda_1^2 , & \lambda_2^2 , & \lambda_3^2 , & \lambda_4^2 \\ \lambda_1^3 , & \lambda_2^3 , & \lambda_3^3 , & \lambda_4^3 \end{vmatrix} = (\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_1 - \lambda_4)(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_4)(\lambda_3 - \lambda_4) = \frac{1}{(LL_1 - M^2)^{12}}\sqrt{D} .$$

Man berechnet jetzt

$$\frac{\sqrt{D}}{(LL_1 - M^2)^{12}} F = \begin{vmatrix} -Wi_0 , & 1 , & 1 , & 1 \\ -\dfrac{i_0}{C} , & \lambda_2 , & \lambda_3 , & \lambda_4 \\ 0 , & \lambda_2^2 , & \lambda_3^2 , & \lambda_4^2 \\ \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2}\dfrac{i_0}{C^2} , & \lambda_2^3 , & \lambda_3^3 , & \lambda_4^3 \end{vmatrix} =$$

$$= -i_0(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_4)(\lambda_4 - \lambda_2)\left\{ W\lambda_2\lambda_3\lambda_4 - \frac{1}{C}(\lambda_2\lambda_3 + \lambda_2\lambda_4 + \lambda_3\lambda_4) + \frac{L_1}{LL_1 - M^2}\frac{1}{C^2} \right\} -$$

$$= -\frac{i_0(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_4)(\lambda_4 - \lambda_2)}{(LL_1 - M^2)C^2}\frac{L_1}{\lambda_1^2}\left(\lambda_1^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_1 + \frac{1}{L_1 C_1} \right) .$$

Ebenso folgt

$$\frac{\sqrt{D}}{(LL_1-M^2)^{1/2}}\,G=\frac{i_0(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{(LL_1-M^2)C^2}\frac{L_1}{\lambda_2^2}\left(\lambda_2^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right),$$

$$\frac{\sqrt{D}}{(LL_1-M^2)^{1/2}}\,H=-\frac{i_0(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{(LL_1-M^2)C^2}\frac{L_1}{\lambda_3^2}\left(\lambda_3^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right),$$

$$\frac{\sqrt{D}}{(LL_1-M^2)^{1/2}}\,K=\frac{i_0(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{(LL_1-M^2)C^2}\frac{L_1}{\lambda_4^2}\left(\lambda_4^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right),$$

und man erhält schliesslich

(35)
$$-\frac{\sqrt{D}\,C^2}{(LL_1-M^2)^{1/2}L_1}\frac{H-E}{i_0}=\left(\lambda_1^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left(\lambda_2^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left(\lambda_3^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left(\lambda_4^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4^2}e^{-\lambda_4 t}.$$

Durch Differentiation folgt hieraus

(36)
$$\frac{\sqrt{D}\,C}{(LL_1-M^2)^{1/2}L_1}\frac{i}{i_0}=\left(\lambda_1^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left(\lambda_2^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left(\lambda_3^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left(\lambda_4^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right)\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t}.$$

Auf Grund der Formel (5) berechnet man ferner die Stromstärke i_1 im Nebenkreise.

(37)
$$-\frac{\sqrt{D}\,C}{M(LL_1-M^2)^{1/2}}\frac{i_1}{i_0}=\lambda_1(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)e^{-\lambda_1 t}-\lambda_2(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\lambda_3(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)e^{-\lambda_3 t}-\lambda_4(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_4 t}.$$

Die Grössen H, i und i_1 werden als Functionen der Zeit t durch Curven dargestellt, welche mittels Addition von vier Exponentialcurven entstehen.

5. **Discussion der aperiodischen Ladung.** Bei der Discussion von H und i ist die Anzahl der Wurzeln der Gl.

$$i = 0 \tag{38}$$

von wesentlicher Bedeutung. Es besitzt die Gl. (38) entweder keine positive endliche Wurzel oder eine solche Wurzel. Die Möglichkeiten für das Eintreten des einen oder anderen Falles sind viele und mögen hier nur übersichtsweise zusammengestellt werden, mit Auslassung der vollständigen Begründung. Dabei sollen die Bezeichnungen

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= \lambda_1^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_1 + \frac{1}{L_1 C_1}, \\ S_2 &= \lambda_2^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_2 + \frac{1}{L_1 C_1}, \\ S_3 &= \lambda_3^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_3 + \frac{1}{L_1 C_1}, \\ S_4 &= \lambda_4^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_4 + \frac{1}{L_1 C_1}, \end{aligned}\right\} \tag{39}$$

gebraucht werden. Der Anfangswerth von i, für $t = 0$, wird durch die Formel

$$\frac{\sqrt{D\,C}}{(L L_1 - M^2)^{11} L_1}\,\frac{i}{i_0} = -\frac{S_1}{\lambda_1}(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_2-\lambda_4) + \frac{S_2}{\lambda_2}(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_1-\lambda_4)(\lambda_1-\lambda_3)$$
$$-\frac{S_3}{\lambda_3}(\lambda_1-\lambda_4)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4) + \frac{S_4}{\lambda_4}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_1-\lambda_3)$$

gegeben. Weil dieser Anfangswerth positiv ist, so folgt, dass eine Zeichencombination

S_1 und S_3 positiv; S_2 und S_4 negativ

nicht möglich ist. Ausser dieser Combination giebt es 15 andere Combinationen.

Die Gl. (38) hat in folgenden Fällen keine endliche positive Wurzel:

1) S_1 und S_3 negativ; S_2 und S_4 positiv.
2) S_1, S_2 und S_4 positiv, S_3 negativ.
3) S_1, S_3 und S_4 positiv, S_2 negativ.
4) S_2, S_3 und S_4 positiv, S_1 negativ.
5) S_1, S_2 und S_3 negativ; S_4 positiv.
6) S_1 und S_4 positiv; S_2 und S_3 negativ.
7) S_3 und S_4 positiv; S_1 und S_2 negativ.
8) S_1, S_2, S_3 und S_4 alle positiv.

In folgenden Fällen giebt es eine endliche positive Wurzel t_1 der Gl. (38).

9) S_1, S_3 und S_4 negativ; S_2 positiv.
10) S_2, S_3 und S_4 negativ, S_1 positiv.
11) S_1, S_2 und S_3 positiv; S_4 negativ.
12) S_1, S_2 und S_4 negativ; S_3 positiv.
13) S_2 und S_3 positiv; S_1 und S_4 negativ.
14) S_3 und S_4 negativ; S_1 und S_2 positiv.
15) S_1, S_2, S_3 und S_4 alle negativ.

Die Combinationen der ersteren Gruppe sind dadurch charakterisirt, dass S_4 in allen positiv ist. In den Combinationen der letzteren Gruppe ist S_4 dagegen stets negativ. Man hat folglich die beiden Hauptfälle:

(40) (A) $$\lambda_4^2 + \frac{1}{L_1 C_1} > \frac{W_1}{L_1}\lambda_4$$

und

(41) (B) $$\lambda_4^2 + \frac{1}{L_1 C_1} < \frac{W_1}{L_1}\lambda_4 .$$

In dem Falle (A) wächst das Potential Π von dem Anfangswerthe Π_0 bis zu dem Endwerthe E, ohne ein Maximum zu besitzen. Der Anfangspunkt der Π-Curve ist ein Inflexionspunkt.

Gleichzeitig nimmt die Stromstärke i beständig ab, von i_0, für $t = 0$, zu Null, für $t = \infty$. Der Anfangswerth ist ein analytisches Maximum.

Die Discussion der Induktionskräfte in den beiden Stromkreisen möge hier unterbleiben.

In dem Falle (B) nimmt Π von Π_0 an zu, erreicht zur Zeit t_1 einen grössten Werth Π_{max} und nimmt dann ab, um für $t = \infty$ schliesslich den Werth E anzunehmen.

Gleichzeitig sinkt die Stromstärke i von dem Werth i_0, für $t = 0$, wird gleich Null für $t = t_1$, erreicht zu einer gewissen späteren Zeit t_2 ein negatives Minimum und wächst dann zu dem schliesslichen Werthe Null.

Die Stromstärke i_1 im Nebenkreise zeigt dasselbe Verhalten in den Fällen (A) und (B). Es besitzt die Gl.

(42) $$i_1 = 0$$

ausser den Wurzeln $t = 0$ und $t = \infty$ eine endliche positive Wurzel t_{12}. Die Gl.

(43) $$\frac{di_1}{dt} = 0$$

hat die Wurzeln $t=0$, $t=t_{11}$, $t=t_{13}$ und $t=\infty$. Es ist hierbei

$$0<t_{11}<t_{12}<t_{13}<\infty .$$

In dem die Grösse M als ausschliesslich positiv betrachtet wird, wie es gestattet ist, hat man folgendes Verhalten von i_1. Zuerst wächst i_1 von Null an, erreicht dann zur Zeit t_{11} ein Maximum, nimmt ab, wird zur Zeit t_{12} gleich Null, nimmt weiter ab bis zu dem zur Zeit t_{13} eintretenden negativen Minimum, und wächst dann um für $t=\infty$ gleich Null zu werden. Im Coordinatenanfangspunkte berührt die i_1-Curve die Achse der Abscissen.

Die totale, durch den Nebenkreis geflossene Elektricitätsmenge muss natürlich gleich Null sein. Man hat somit

$$\int_0^\infty i_1\,dt=0, \tag{44}$$

wie man auch direct verificirt. Auch diese Gl. zeigt, dass sowohl positive, als negative Werthe von i_1 vorhanden sind.

6. **Formeln für die gemischte Ladung.** Wenn zwei Wurzeln der Gl. (10) reel und zwei Wurzeln conjugirt imaginär sind, so hat man nach der Formel (22)

$$\Pi=E+Fe^{-\lambda_1 t}+Ge^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\{H\cos\beta t+K\sin\beta t\}. \tag{22}$$

Man berechnet hieraus durch Differentation

$$\left\{\begin{aligned}
&\frac{d\Pi}{dt}=-F\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}-G\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\{(K\beta-H\alpha)\cos\beta t-(H\beta+K\alpha)\sin\beta t\},\\
&\frac{d^2\Pi}{dt^2}=F\lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t}+G\lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\{[H(\alpha^2-\beta^2)-2K\alpha\beta]\cos\beta t+[2H\alpha\beta+K(\alpha^2-\beta^2)]\sin\beta t\},\\
&\frac{d^3\Pi}{dt^3}=-F\lambda_1^3 e^{-\lambda_1 t}-G\lambda_2^3 e^{-\lambda_2 t}+\\
&\qquad+e^{-\alpha t}\{[H\alpha(3\beta^2-\alpha^2)+K\beta(3\alpha^2-\beta^2)]\cos\beta t+[H\beta(\beta^2-3\alpha^2)+K\alpha(3\beta^2-\alpha^2)]\sin\beta t\}.
\end{aligned}\right. \tag{45}$$

Indem die Anfangsbedingungen (6) jetzt gebraucht werden, folgt zur Berechnung von F, G, H und K das System

$$\left\{\begin{aligned}
&F+G+H=-Wi_0,\\
&F\lambda_1+G\lambda_2+H\alpha-K\beta=-\frac{i_0}{C},\\
&F\lambda_1^2+G\lambda_2^2+H(\alpha^2-\beta^2)-2K\alpha\beta=0,\\
&F\lambda_1^3+G\lambda_2^3+H\alpha(\alpha^2-3\beta^2)+K\beta(\beta^2-3\alpha^2)=\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C^2}.
\end{aligned}\right. \tag{46}$$

als dessen Lösung erhalten wird, indem man auch die den Gleichungen (31) entsprechenden Relationen benutzt,

$$(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}F=\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C^2}\left\{\lambda_1^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_1^2},$$

$$(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}G=-\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C^2}\left\{\lambda_2^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_2^2},$$

$$\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}H=$$

$$=\frac{i_0}{C}\left\{WC\lambda_1\lambda_2\left[2\alpha(\lambda_1+\lambda_2)+\beta^2-3\alpha^2-\lambda_1\lambda_2\right]+(\lambda_1+\lambda_2)(3\alpha^2-\beta^2)-2\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)+\right.$$

$$\left.+\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{\lambda_1+\lambda_2-2\alpha}{C}\right\},$$

$$\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}K=$$

$$=\frac{i_0}{C}\left\{WC\lambda_1\lambda_2\left[(\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\lambda_1\lambda_2+\alpha^2-3\beta^2)\right]+\lambda_1^2\lambda_2^2-(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)(\alpha^2-\beta^2)+\right.$$

$$\left.+(\lambda_1+\lambda_2)\alpha(\alpha^2-3\beta^2)+\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{\beta^2-(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)}{C}\right\}.$$

Wir unterlassen es diese Constantenwerthe in die Ausdrücke für H und i einzusetzen, ebenso vie alle Discussionen.

Für i_1 berechnet man auf Grund der Anfangswerthe (8) etwas einfachere Ausdrücke als die obigen und zwar findet man, indem

(47) $$i_1=F'e^{-\lambda_1 t}+G'e^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\left\{H'\cos\beta t+K'\sin\beta t\right\}$$

gesetzt wird, folgende Werthe der Constanten:

$$(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}F'=\frac{M}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C}\lambda_1,$$

$$(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}G'=-\frac{M}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C}\lambda_2,$$

$$\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}H'=$$

$$=\frac{Mi_0}{(LL_1-M^2)^2C}\left\{(LL_1-M^2)\left[3\alpha^2-\beta^2-\lambda_1^2-\lambda_1\lambda_2-\lambda_2^2\right]-(WL_1+W_1L)(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2)\right\},$$

$$\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}K'=$$

$$=\frac{Mi_0}{(LL_1-M^2)^2C}\left\{(LL_1-M^2)\left[\alpha(\alpha^2-3\beta^2-\lambda_1^2-\lambda_1\lambda_2-\lambda_2^2)+\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)\right]\right.$$

$$\left.-(WL_1+W_1L)\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]\right\}.$$

Graphisch werden H, i und i_1 durch Curven dargestellt, welche die Summen von zwei Exponentialcurven und einer regelmässig gedämpften Sinuslinie sind.

7. **Formeln für die periodische Ladung.** Es sind sämmtliche vier Wurzeln der Gl. (10) imaginär, und nach der Formel (21) hat man

$$\Pi = E + e^{-\alpha t}\{F\cos\beta t + G\sin\beta t\} + e^{-\gamma t}\{H\cos\delta t + K\sin\delta t\}. \tag{48}$$

Durch Differentiation folgt

$$\left\{\begin{aligned}
&\frac{d\Pi}{dt} = e^{-\alpha t}\{(G\beta - F\alpha)\cos\beta t - (F\beta + G\alpha)\sin\beta t\} + e^{-\gamma t}\{K\delta - H\gamma)\cos\delta t - (H\delta + K\gamma)\sin\delta t\},\\
&\frac{d^2\Pi}{dt^2} = e^{-\alpha t}\{[F(\alpha^2-\beta^2) - 2G\alpha\beta]\cos\beta t + [2F\alpha\beta + G(\alpha^2-\beta^2)]\sin\beta t\} +\\
&\qquad\qquad + e^{-\gamma t}\{[H(\gamma^2-\delta^2) - 2K\gamma\delta]\cos\delta t + [2H\gamma\delta + K(\gamma^2-\delta^2)]\sin\delta t\},\\
&\frac{d^3\Pi}{dt^3} = e^{-\alpha t}\{[F\alpha(3\beta^2-\alpha^2) + G\beta(3\alpha^2-\beta^2)]\cos\beta t + [F\beta(\beta^2-3\alpha^2) + G\alpha(3\beta^2-\alpha^2)]\sin\beta t\} +\\
&\qquad + e^{-\gamma t}\{[H\gamma(3\delta^2-\gamma^2) + K\delta(3\gamma^2-\delta^2)]\cos\delta t + [H\delta(\delta^2-3\gamma^2) + K\gamma(3\delta^2-\gamma^2)]\sin\delta t\}.
\end{aligned}\right. \tag{49}$$

Die Anfangsbedingungen (6) geben jetzt zur Bestimmung der Constanten F, G, H und K die Gleichungen

$$\left\{\begin{aligned}
&F + H = -Wi_0,\\
&F\alpha - G\beta + H\gamma - K\delta = -\frac{i_0}{C},\\
&F(\alpha^2-\beta^2) - 2G\alpha\beta + H(\gamma^2-\delta^2) - 2K\gamma\delta = 0,\\
&F\alpha(3\beta^2-\alpha^2) + G\beta(3\alpha^2-\beta^2) + H\gamma(3\delta^2-\gamma^2) + K\delta(3\gamma^2-\delta^2) = -\frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{i_0}{C^2}.
\end{aligned}\right. \tag{50}$$

Durch Auflösung folgt

$$\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\}\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\}\,F\frac{1}{i_0} =$$

$$= W(\gamma^2+\delta^2)\{\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\} + \frac{2}{C}\{\alpha(\delta^2-3\gamma^2) - \gamma(\beta^2-3\alpha^2)\} + \frac{L_1}{LL_1-M^2}\frac{2}{C}(\gamma-\alpha),$$

$$\beta\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\}\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\}\,G\frac{1}{i_0} =$$

$$= W(\gamma^2+\delta^2)\{\alpha(3\beta^2-\alpha^2-\gamma^2-\delta^2) + 2\gamma(\alpha^2-\beta^2)\} +$$

$$+ \frac{1}{C}\{(\gamma^2+\delta^2)^2 + (\alpha^2-\beta^2)(\delta^2-3\gamma^2) + 2\alpha\gamma(\alpha^2-3\beta^2)\} - \frac{L_1}{(LL_1-M^2)C^2}\{(\alpha-\gamma)^2-\beta^2+\delta^2\}.$$

Die Ausdrücke für H und K erhält man hieraus, indem man α und γ, β und δ mit einander vertauscht. Wir unterlassen eine weitere Ausführung sowie jede Discussion der entstehenden weitläufigen Formeln.

Indem man für i_1 die Form

$$i_1 = e^{-\alpha t}\left\{F'\cos\beta t + G'\sin\beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H'\cos\delta t + K'\sin\delta t\right\} \tag{51}$$

nimmt, erhält man

$$\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F' =$$

$$= \frac{Mi_0}{(LL_1-M^2)^2\,C}\left\{(LL_1-M^2)\left[\delta^2-\beta^2+3(\alpha^2-\gamma^2)\right]+2\,(WL_1+W_1L)\,(\gamma-\alpha)\right\},$$

$$\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G' =$$

$$= \frac{Mi_0}{(LL_1-M^2)^2\,C}\left\{(LL_1-M^2)\left[2\gamma\,(\gamma^2+\delta^2)+\alpha\,(\alpha^2+\delta^2-3\beta^2-3\gamma^2)\right]\right.$$

$$\left.-\,(WL_1+W_1L)\left[(\alpha-\gamma)^2+\delta^2-\beta^2\right]\right\}.$$

Die Ausdrücke für H' und K' folgen durch Vertauschen, wie oben angegeben.

Die Curven, welche II, i und i_1 darstellen, sind Summen von zwei regelmässig gedämpften Sinuslinien.

XXIV. Verzweigter Stromkreis mit Induktion und Capacität in beiden Zweigen.

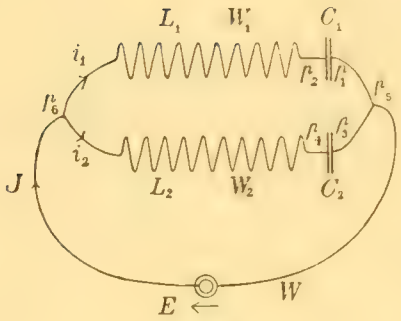


Fig. 62.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Es soll jetzt die in der Fig. 62 veranschaulichte Anordnung betrachtet werden, wobei die beiden Zweige des Stromkreises einen Condensator und eine Induktionsspule einschliessen, während die Stromquelle sich in dem unverzweigten Theile des Stromkreises befindet. Mit Anwendung der Bezeichnungen in der Figur sowie der Bezeichnungen

$$p_2 - p_1 = \Pi_1\,, \quad p_4 - p_3 = \Pi_2\,,$$
$$p_6 - p_5 = P$$

ergiebt sich das folgende System von Gleichungen:

$$(1)\qquad \begin{cases} P - \Pi_1 - L_1 \dfrac{di_1}{dt} = i_1 W_1\,, \\ P - \Pi_2 - L_2 \dfrac{di_2}{dt} = i_2 W_2\,, \\ P + J W = E\,, \\ i_1 = C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt}\,; \quad i_2 = C_2 \dfrac{d\Pi_2}{dt}\,. \\ J = i_1 + i_2\,. \end{cases}$$

Durch Elimination von P, J, i_1 und i_2 findet man die beiden Gleichungen

$$(2)\qquad \begin{cases} L_1 C_1 \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} + (W + W_1) C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt} + W C_2 \dfrac{d\Pi_2}{dt} + \Pi_1 = E\,. \\ L_2 C_2 \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} + (W + W_2) C_2 \dfrac{d\Pi_2}{dt} + W C_1 \dfrac{d\Pi_1}{dt} + \Pi_2 = E\,. \end{cases}$$

Die erste dieser Gleichungen wird zweimal, die zweite Gleichung einmal differentiirt. Alsdann hat man überall fünf Gleichungen, zwischen welchen die Grössen

$$\Pi_2, \quad \frac{d\Pi_2}{dt}, \quad \frac{d^2\Pi_2}{dt^2} \text{ und } \frac{d^3\Pi_2}{dt^3}$$

eliminirt werden können. Das Resultat der Elimination ist folgende Differentialgleichung vierter Ordnung für Π_1:

$$\frac{d^4\Pi_1}{dt^4}+\left(\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right)\frac{d^3\Pi_1}{dt^3}+\left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{L_1C_1}+\frac{1}{L_2C_2}\right)\frac{d^2\Pi_1}{dt^2}+$$
$$+\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2}\frac{d\Pi_1}{dt}+\frac{\Pi_1}{L_1L_2C_1C_2}=\frac{E}{L_1L_2C_1C_2}. \tag{3}$$

Ebenso hat man für Π_2 die Differentialgleichung

$$\frac{d^4\Pi_2}{dt^4}+\left(\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right)\frac{d^3\Pi_2}{dt^3}+\left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{L_1C_1}+\frac{1}{L_2C_2}\right)\frac{d^2\Pi_2}{dt^2}+$$
$$+\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2}\frac{d\Pi_2}{dt}+\frac{\Pi_2}{L_1L_2C_1C_2}=\frac{E}{L_1L_2C_1C_2}. \tag{4}$$

Setzt man in der Gleichung (3) $C_2=\infty$ und integrirt die entstandene Gleichung einmal, wobei noch die Constante so zu bestimmen ist, dass für $t=\infty$ $\Pi_1=\frac{W_2}{W+W_2}E$ wird, so erhält man, von einigen Verschiedenheiten der Bezeichnungen abgesehen, die Differentialgleichung (1) p. 374.

Mit $C_2=0$ ergiebt sich aus (3) die Differentialgleichung zweiter Ordnung für einen unverzweigten Stromkreis mit der Capacität C_1, dem Selbstinduktionscoefficienten L_1 und dem Widerstande $W+W_1$.

Nimmt man auf ein Mal $C_2=\infty$ und $L_2=0$, so folgt aus (3) eine Gleichung, welche bei einmaliger Integration und angemessener Constantenbestimmung zu der Differentialgleichung (4) p. 212 führt, von einigen Unterschieden in den Bezeichnungen abgesehen.

Mit $C_2=\infty$ und $L_1=0$ kommt man zu dem im Abschn. IV p. 182 behandelten Falle.

Schliesslich verdient noch der früher nicht betrachtete Fall einer Erwähnung, welche entsteht, wenn man $L_2=0$ setzt. Die Differentialgleichung des Ladungsvorganges ist dann von der dritten Ordnung.

2. **Anfangsbedingungen.** Es sollen in diesem Abschnitt zwei Arten von Anfangsbedingungen in Betracht gezogen werden, und zwar erstens eine unsymmetrische Anordnung, bei welcher die Pole des Condensators C_2 mit einem indukN:o 1.

tionsfreien Widerstande w mit einander verbunden sind, den man zur Zeit $t=0$ bricht, zweitens eine symmetrische Anordnung, bei welcher das Bahnstück mit dem Widerstande W anfangs offen ist und zur Zeit $t=0$ plötzlich hergestellt wird.

Für die erstere Wahl berechnet man folgende Anfangswerthe der Potentiale Π_1 und Π_2, der Stromstärken J, i_1 und i_2 und der Ableitungen dieser Grössen.

$$(5)\quad \begin{cases} J = \dfrac{E}{W_1 + W_2 + w} = J_0, \\ \dfrac{dJ}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2J}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{L_2 C_2}, \\ \dfrac{d^3J}{dt^3} = \dfrac{J_0}{L_2 C_2}\left(\dfrac{W}{L_1} + \dfrac{W+W_2}{L_2}\right). \end{cases}$$

$$(6)\quad \begin{cases} \Pi_1 = (W_2 + w) J_0 = \Pi_{10}, \\ \dfrac{d\Pi_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi_1}{dt^3} = 0, \\ \dfrac{d^4\Pi_1}{dt^4} = \dfrac{W J_0}{L_1 L_2 C_1 C_2}. \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} \Pi_2 = w J_0 = \Pi_{20}, \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = \dfrac{J_0}{C_2}, \\ \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3\Pi_2}{dt^3} = -\dfrac{J_0}{L_2 C_2^2}, \\ \dfrac{d^4\Pi_2}{dt^4} = \dfrac{(W+W_2) J_0}{L_2^2 C_2^2}. \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = 0, \\ \dfrac{d^3 i_1}{dt^3} = \dfrac{W J_0}{L_1 L_2 C_2}. \end{cases}$$

$$(9)\qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{E}{W + \dfrac{W_2 + w}{}} = J_0\,, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2 i_2}{dt^2} = -\dfrac{J_0}{L_2 C_2}\,, \\ \dfrac{d^3 i_2}{dt^3} = \dfrac{(W + W_2)\,J_0}{L_2^{\,2} C_2}\,. \end{cases}$$

Die Curve für J beginnt mit einem Maximum, die Curve für Π_1 mit einem Minimum, die Curve für Π_2 mit einem Inflexionspunkte, die Curve für i_1 mit einem Inflexionspunkte mit horizontaler Tangente und die Curve für i_2 mit einem Maximum.

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen ergiebt sich:

$$(10)\qquad \begin{cases} J = 0\,, \\ \dfrac{dJ}{dt} = E\left(\dfrac{1}{L_1} + \dfrac{1}{L_2}\right), \\ \dfrac{d^2 J}{dt^2} = -E\left\{\dfrac{W + W_1}{L_1^{\,2}} + \dfrac{2\,W}{L_1 L_2} + \dfrac{W + W_2}{L_2^{\,2}}\right\}, \\ \dfrac{d^3 J}{dt^3} = E\left\{\dfrac{(W + W_1)^2}{L_1^{\,3}} + \dfrac{W(3\,W + 2\,W_1)}{L_1^{\,2} L_2} + \dfrac{W(3\,W + 2\,W_2)}{L_1 L_2^{\,2}} + \dfrac{(W + W_2)^3}{L_2^{\,3}} - \dfrac{1}{L_1^{\,2} C_1} - \dfrac{1}{L_2^{\,2} C_2}\right\}. \end{cases}$$

$$(11)\qquad \begin{cases} \Pi_1 = 0 \\ \dfrac{d\Pi_1}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2 \Pi_1}{dt^2} = \dfrac{E}{L_1 C_1}\,, \\ \dfrac{d^3 \Pi_1}{dt^3} = -\dfrac{E}{L_1 C_1}\left\{\dfrac{W + W_1}{L_1} + \dfrac{W}{L_2}\right\}, \\ \dfrac{d^4 \Pi_1}{dt^4} = \dfrac{E}{L_1 C_1}\left\{\dfrac{(W + W_1)^2}{L_1^{\,2}} + \dfrac{W(2\,W + W_1)}{L_1 L_2} + \dfrac{W(W + W_2)}{L_2^{\,2}} - \dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}. \end{cases}$$

$$(12)\qquad \begin{cases} \Pi_2 = 0\,, \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2 \Pi_2}{dt^2} = \dfrac{E}{L_2 C_2}\,, \\ \dfrac{d^3 \Pi_2}{dt^3} = -\dfrac{E}{L_2 C_2}\left\{\dfrac{W + W_2}{L_2} + \dfrac{W}{L_1}\right\}. \\ \dfrac{d^4 \Pi_2}{dt^4} = \dfrac{E}{L_2 C_2}\left\{\dfrac{(W + W_2)^2}{L_2^{\,2}} + \dfrac{W(2W + W_2)}{L_1 L_2} + \dfrac{W(W + W_1)}{L_1^{\,2}} - \dfrac{1}{L_2 C_2}\right\}. \end{cases}$$

$$(13)\qquad \begin{cases} i_1 = 0, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L_1}, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = -\dfrac{E}{L_1}\left\{\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right\}, \\ \dfrac{d^3 i_1}{dt^3} = \dfrac{E}{L_1}\left\{\dfrac{(W+W_1)^2}{L_1^2}+\dfrac{W(2W+W_1)}{L_1 L_2}+\dfrac{W(W+W_2)}{L_2^2}-\dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}. \end{cases}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} i_2 = 0, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{E}{L_2}, \\ \dfrac{d^2 i_2}{dt^2} = -\dfrac{E}{L_2}\left\{\dfrac{W+W_2}{L_2}+\dfrac{W}{L_1}\right\}, \\ \dfrac{d^3 i_2}{dt^3} = \dfrac{E}{L_2}\left\{\dfrac{(W+W_2)^2}{L_2^2}+\dfrac{W(2W+W_2)}{L_1 L_2}+\dfrac{W(W+W_1)}{L_1^2}-\dfrac{1}{L_2 C_2}\right\}. \end{cases}$$

Die Curven für Π_1 und Π_2 fangen mit Minima an.

In dem stationären Endzustande hat man

$$\Pi_1 = \Pi_2 = E,$$
$$J = i_1 = i_2 = 0.$$

3. **Charakter der Ladung.** In diesem Art. können wir uns kurz fassen, indem wir auf die Darstellungen im Art. 3, XXIII p. 464 und folg. Bezug nehmen. Die allgemeine Lösung der Differentialgleichung (3) ist

$$(15)\qquad \Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + H_1 e^{-\lambda_3 t} + K_1 e^{-\lambda_4 t},$$

worin λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 die Wurzeln der Gleichung

$$(16)\qquad \begin{aligned} r^4 - \left(\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right) r^3 + \left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{L_1C_1}+\frac{1}{L_2C_2}\right) r^2 \\ -\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2}\, r + \frac{1}{L_1L_2C_1C_2} = 0 \end{aligned}$$

sind. Es werde

$$(17)\qquad \begin{cases} A_1 = \dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W+W_2}{L_2}, \\ A_2 = \dfrac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\dfrac{1}{L_1C_1}+\dfrac{1}{L_2C_2}, \\ A_3 = \left(\dfrac{W+W_1}{C_2}+\dfrac{W+W_2}{C_1}\right)\dfrac{1}{L_1L_2}, \\ A_4 = \dfrac{1}{L_1L_2C_1C_2} \end{cases}$$

gesetzt. Die Gleichung (16) wird dann

$$r^4 - A_1 r^3 + A_2 r^2 - A_3 r + A_4 = 0 . \tag{18}$$

Zu dieser Gleichung hat man die cubische Resolvente (13) oder (14) p. 465, worin nur A_0 mit 1 zu ersetzen ist, und die Discriminante (15) sowie die Invarianten (16). Die ausgeführten Ausdrücke für die Invarianten A und B mögen hier angeführt werden. Sie sind

$$\left\{\begin{aligned} L_1^2 L_2^2 A &= \left(WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}\right)^2 - 3\left\{(W+W_1)L_2 + (W+W_2)L_1\right\}\left\{\frac{W+W_1}{C_2} + \right. \\ &\qquad \left. + \frac{W+W_2}{C_1}\right\} + 12\frac{L_1 L_2}{C_1 C_2}, \\ L_1^3 L_2^3 B &= 27\left\{(W+W_1)L_2 + (W+W_2)L_1\right\}^2 \frac{1}{C_1 C_2} - 27 L_1 L_2 \left(\frac{W+W_1}{C_2} - \frac{W+W_2}{C_1}\right)^2 - \\ &\quad + 2\left(WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}\right)^3 - 72\left(WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}\right)\frac{L_1 L_2}{C_1 C_2} \\ &\quad - 9\left\{(W+W_1)L_2 + (W+W_2)L_1\right\}\left\{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}\right\}\left\{\frac{W+W_1}{C_2} + \frac{W+W_2}{C_1}\right\}. \end{aligned}\right. \tag{19}$$

Es giebt drei verschiedene Ladungsarten, wie im Art. 3 XXIII dargelegt worden ist.

Sind die Bedingungen (18) p. 465 erfüllt und ist die Discriminante positiv, so sind die Wurzeln λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 alle reel. Die Ladung ist dann aperiodisch, und die Curven, welche die Potentiale und die Stromstärken darstellen, entstehen durch Addition von vier Exponentialcurven.

Bei negativer Discriminante ergiebt sich die gemischte Ladungsart. Der Ausdruck für Π_1 ist dann

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\left\{H_1 \cos \beta t + K_1 \sin \beta t\right\}, \tag{20}$$

und die entsprechende Curve setzt sich aus zwei Exponentialcurven und einer regelmässig gedämpften Sinuslinie zusammen.

Schliesslich hat man periodische Ladung, falls die Discriminante positiv ist, die Bedingungen (18) p. 465 aber nicht erfüllt sind. Alsdann ist

$$\Pi_1 = E + e^{-\alpha t}\left\{F_1 \cos \beta t + G_1 \sin \beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H_1 \cos \delta t + K_1 \sin \delta t\right\}, \tag{21}$$

ein Ausdruck, für welchen die entsprechende Curve eine geometrische Summe von zwei regelmässig gedämpften Sinuslinien ist.

In Bezug auf die Uebergangsfälle ist Nichts zu den Darstellungen im Art. 3, XXIII hinzuzufügen. Sie gelten auch jetzt unverändert, indem nur $A_0 = 1$ gesetzt wird.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Wurzeln λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 der Gl. (16) sind jetzt reel und positiv und werden wie früher in der Ordnung

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > 0 \tag{22}$$

genommen. Die elementarsymmetrischen Functionen dieser Wurzeln haben die Werthe

$$\left\{\begin{aligned}
&\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4 = \frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2},\\
&\lambda_1\lambda_2+\lambda_1\lambda_3+\lambda_1\lambda_4+\lambda_2\lambda_3+\lambda_2\lambda_4+\lambda_3\lambda_4 = \frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{L_1C_1}+\frac{1}{L_2C_2},\\
&\lambda_1\lambda_2\lambda_3+\lambda_1\lambda_2\lambda_4+\lambda_1\lambda_3\lambda_4+\lambda_2\lambda_3\lambda_4 = \left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2},\\
&\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 = \frac{1}{L_1L_2C_1C_2}.
\end{aligned}\right. \tag{23}$$

Zur Bestimmung der Constanten F_1, G_1, H_1 und K_1 in dem Ausdrucke (15) erhält man mittels der Anfangsbedingungen (6) das Gleichungssystem

$$\left\{\begin{aligned}
&F_1+G_1+H_1+K_1 = -WJ_0,\\
&F_1\lambda_1+G_1\lambda_2+H_1\lambda_3+K_1\lambda_4 = 0,\\
&F_1\lambda_1^2+G_1\lambda_2^2+H_1\lambda_3^2+K_1\lambda_4^2 = 0,\\
&F_1\lambda_1^3+G_1\lambda_2^3+H_1\lambda_3^3+K_1\lambda_4^3 = 0.
\end{aligned}\right. \tag{24}$$

Die Determinante der Coefficienten ist hier

$$\begin{vmatrix} 1, & 1, & 1, & 1\\ \lambda_1, & \lambda_2, & \lambda_3, & \lambda_4\\ \lambda_1^2, & \lambda_2^2, & \lambda_3^2, & \lambda_4^2\\ \lambda_1^3, & \lambda_2^3, & \lambda_3^3, & \lambda_4^3 \end{vmatrix} = (\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_1-\lambda_4)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_4)(\lambda_3-\lambda_4) = \sqrt{D}. \tag{25}$$

Durch Auflösung der Gleichungen (24) folgt mit Anwendung auch der letzten Gleichung (23)

$$\left\{\begin{aligned}
\sqrt{D}\,F_1 &= -\frac{WJ_0}{L_1L_2C_1C_1}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1},\\
\sqrt{D}\,G_1 &= +\frac{WJ_0}{L_1L_2C_1C_2}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2},\\
\sqrt{D}\,H_1 &= -\frac{WJ_0}{L_1L_2C_1C_2}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3},\\
\sqrt{D}\,K_1 &= +\frac{WJ_0}{L_1L_2C_1C_2}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}.
\end{aligned}\right. \tag{26}$$

Also hat man

$$\frac{L_1 L_2 C_1 C_2 \sqrt{D}}{W} \frac{\Pi_1 - E}{J_0} = -\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} + \frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t}$$
$$-\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} + \frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4} e^{-\lambda_4 t}, \tag{27}$$

ferner

$$\frac{L_1 L_2 C_2 \sqrt{D}}{W} \frac{i_1}{J_0} = (\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2) e^{-\lambda_1 t} - (\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3) e^{-\lambda_2 t} +$$
$$+(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4) e^{-\lambda_3 t} - (\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1) e^{-\lambda_4 t}. \tag{28}$$

Für das Potential Π_2 hat man einen Ausdruck von der Form

$$\Pi_2 = E + F_2 e^{-\lambda_1 t} + G_2 e^{-\lambda_2 t} + H_2 e^{-\lambda_3 t} + K_2 e^{-\lambda_4 t}, \tag{29}$$

und zur Bestimmung der Constanten F_2, G_2, H_2 und K_2 ergeben die Werthe (7) das System der Gleichungen

$$\begin{cases} F_2 + G_2 + H_2 + K_2 = -(W + W_2) J_0, \\ F_2\lambda_1 + G_2\lambda_2 + H_2\lambda_3 + K_2\lambda_4 = -\dfrac{J_0}{C_2}, \\ F_2\lambda_1^2 + G_2\lambda_2^2 + H_2\lambda_3^2 + K_2\lambda_4^2 = 0, \\ F_2\lambda_1^3 + G_2\lambda_2^3 + H_2\lambda_3^3 + K_2\lambda_4^3 = \dfrac{J_0}{L_2 C_2^2}. \end{cases} \tag{30}$$

Man berechnet hieraus mit Anwendung auch der Formeln (23)

$$\begin{cases} \sqrt{D}\, F_2 = -\dfrac{J_0}{L_2 C_2^2} \dfrac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1^2} \left\{\lambda_1^2 - \dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_1 + \dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\ \sqrt{D}\, G_2 = \dfrac{J_0}{L_2 C_2^2} \dfrac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2^2} \left\{\lambda_2^2 - \dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_2 + \dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\ \sqrt{D}\, H_2 = -\dfrac{J_0}{L_2 C_2^2} \dfrac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3^2} \left\{\lambda_3^2 - \dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_3 + \dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\ \sqrt{D}\, K_2 = \dfrac{J_0}{L_2 C_2^2} \dfrac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4^2} \left\{\lambda_4^2 - \dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_4 + \dfrac{1}{L_1 C_1}\right\}, \end{cases} \tag{31}$$

und hat dann

$$-L_2 C_2^2 \sqrt{D} \frac{\Pi_2 - E}{J_0} = \left\{\lambda_1^2 - \frac{W+W_1}{L_1}\lambda_1 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\} \frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1^2} e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2 - \frac{W+W_1}{L_1}\lambda_2 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\} \frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2^2} e^{-\lambda_2 t} +$$
$$+\left\{\lambda_3^2 - \frac{W+W_1}{L_1}\lambda_3 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\} \frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3^2} e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2 - \frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\} \frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4^2} e^{-\lambda_4 t}, \tag{32}$$

sowie

$$L_2C_2\sqrt{D}\,\frac{i_2}{J_0}=\left\{\lambda_1^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{\lambda_3^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t} \tag{33}$$

Schliesslich erhält man aus (28) und (33) für die Stromstärke J

$$L_2C_2\sqrt{D}\,\frac{J}{J_0}=\left\{\lambda_1^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{\lambda_3^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2-\frac{W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t}. \tag{34}$$

5. **Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Für die Discussion des Ladungsvorganges, welche hier nur in aller Kürze geführt werden wird, bietet Art. 5, XXIII meistens das erforderliche. Betrachten wir zuerst

a) *Das Potential Π_2 und die Stromstärke i_2.* Man hat hier zwei Fälle, je nachdem

$$\lambda_4^2+\frac{1}{L_1C_1}>\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4, \tag{35 (A)}$$

oder

$$\lambda_4^2+\frac{1}{L_1C_1}<\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4 \tag{36 (B)}$$

ist. In dem Falle (A) besitzt die Gleichung

$$i_2=0 \tag{37}$$

keine endliche positive Wurzel, in dem Falle (B) giebt es eine solche Wurzel t_{21}.

Wenn die Ungleichheit (35) erfüllt ist, so wächst das Potential Π_2 von dem Anfangswerthe Π_{20} beständig und erreicht für $t=\infty$ den Werth E.

Gleichzeitig fängt i_2 mit dem analytischen Maximum J_0 an und nimmt beständig ab, bis zu Null, für $t=\infty$.

Besteht dagegen die Ungleichheit (36), so wächst H_2 von H_{20} an bis zu einem zur Zeit t_{21} eintreffenden Maximum und nimmt dann ab, um endlich für $t = \infty$ den Werth E anzunehmen.

Die Stromstärke i_2 nimmt von J_0 an ab, wird Null zur Zeit t_{21} und zeigt zu einer gewissen späteren Zeit t_{22} ein negatives Minimum, wächst dann und wird wieder gleich Null für $t = \infty$.

b) *Das Potential H_1 und die Stromstärke i_1.* Es besitzt die Gleichung

$$\frac{di_1}{dt} = 0 \tag{38}$$

die Wurzeln 0, t_{11} und ∞. Die Gleichung

$$i_1 = 0 \tag{39}$$

hat dagegen keine positive endliche Wurzel. Die Stromstärke i_1 wächst also von dem Anfangswerthe Null bis zu einem zur Zeit t_{11} vorkommenden Maximum und nimmt dann ab, um für $t = \infty$ wieder gleich Null zu werden. Der Anfangspunkt der i_1-Curve ist ein Inflexionspunkt, wo die Tangente mit der Achse der Abscissen zusammenfällt.

Das Potential H_1 nimmt beständig zu, von dem Werthe H_{10} für $t = 0$ bis zu dem Werthe E, für $t = \infty$. Der Abscisse t_{11} entspricht ein Inflexionspunkt der H_1-Curve; im Anfangspunkte liegt ein Minimum.

c) *Die Stromstärke J.* Es kommen hier die beiden Fälle

$$\lambda_4^2 + \frac{1}{L_1 C_1} > \frac{W_1}{L_1}\lambda_4 \tag{40}$$

und

$$\lambda_4^2 + \frac{1}{L_1 C_1} < \frac{W_1}{L_1}\lambda_4 \tag{41}$$

in Betracht. In dem Falle (40) nimmt J beständig ab, von dem Werthe J_0 für $t = 0$, welcher ein analytisches Maximum darstellt, zu dem Werthe Null für $t = \infty$. In dem Falle (41) nimmt auch J zuerst ab, wird gleich Null zu einer Zeit t_1, nimmt weiter ab, erreicht zu einer gewissen späteren Zeit t_2, welche die einzige positive endliche Wurzel der Gleichung

$$\frac{dJ}{dt} = 0 \tag{42}$$

ist, ein negatives Minimum, wächst dann und wird schliesslich gleich Null für $t = \infty$.

6. **Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen.** Es gelten die Relationen (22) und (23) unverändert. Zur Bestimmung der Constanten in der Formel (15) erhält man jetzt die Gleichungen

$$(43)\qquad \begin{cases} F_1+G_1+H_1+K_1=-E, \\ F_1\lambda_1+G_1\lambda_2-H_1\lambda_3+K_1\lambda_4=0, \\ F_1\lambda_1^2+G_1\lambda_2^2+H_1\lambda_3^2+K_1\lambda_4^2=\dfrac{E}{L_1C_1}, \\ F_1\lambda_1^3+G_1\lambda_2^3+H_1\lambda_3^3+K_1\lambda_4^3=\dfrac{E}{L_1C_1}\left\{\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right\}. \end{cases}$$

Das Resultat der Auflösung ist

$$(44)\qquad \begin{cases} \sqrt{D}\,F_1=-\dfrac{E}{L_1C_1}\dfrac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}\left\{\lambda_1^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_1+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}, \\ \sqrt{D}\,G_1=\dfrac{E}{L_1C_1}\dfrac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}\left\{\lambda_2^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_2+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}, \\ \sqrt{D}\,H_1=-\dfrac{E}{L_1C_1}\dfrac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}\left\{\lambda_3^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_3+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}, \\ \sqrt{D}\,K_1=\dfrac{E}{L_1C_1}\dfrac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}\left\{\lambda_4^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_4+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}. \end{cases}$$

Mittels dieser Werthe ergiebt sich

$$(45)\qquad \begin{aligned} -L_1C_1\sqrt{D}\,\frac{\Pi_1-E}{E}=&\left\{\lambda_1^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_1+\frac{1}{L_2C_2}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} \\ &-\left\{\lambda_2^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_2+\frac{1}{L_2C_2}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+ \\ &+\left\{\lambda_3^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_3+\frac{1}{L_2C_2}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t} \\ &-\left\{\lambda_4^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_4+\frac{1}{L_2C_2}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t} \end{aligned}$$

und nach Differentiation folgt

$$(46)\qquad \begin{aligned} L_1\sqrt{D}\,\frac{i_1}{E}=&\left\{\lambda_1^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_1+\frac{1}{L_2C_2}\right\}(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)e^{-\lambda_1 t} \\ &-\left\{\lambda_2^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_2+\frac{1}{L_2C_2}\right\}(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)e^{-\lambda_2 t}+ \\ &+\left\{\lambda_3^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_3+\frac{1}{L_2C_2}\right\}(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)e^{-\lambda_3 t} \\ &-\left\{\lambda_4^2-\frac{W_2}{L_2}\lambda_4+\frac{1}{L_2C_2}\right\}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)e^{-\lambda_4 t}. \end{aligned}$$

Man erhält hieraus die Ausdrücke für Π_2 und i_2, indem man L_1 und L_2, C_1 und C_2, W_1 und W_2 mit einander vertauscht.

Schliesslich erhält man für die Stromstärke J die Gleichung

$$\begin{aligned}(47)\qquad \frac{L_1 L_2}{L_1+L_2}\sqrt{D}\,\frac{J}{E} = {} & \left\{\lambda_1^2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_1 + \frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}\right\}(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)\,e^{-\lambda_1 t} \\ & - \left\{\lambda_2^2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_2 + \frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}\right\}(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)\,e^{-\lambda_2 t} + \\ & + \left\{\lambda_3^2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_3 + \frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}\right\}(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)\,e^{-\lambda_3 t} \\ & - \left\{\lambda_4^2 - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_4 + \frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}\right\}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_4 t}.\end{aligned}$$

7. Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.

a) *Das Potential Π_1 und die Stromstärke i_1.* Wir setzen ähnlich wie im Art. 5, XXIII p. 470

$$(48)\qquad \begin{cases} S_1 = \lambda_1^2 - \dfrac{W_2}{L_2}\lambda_1 + \dfrac{1}{L_2C_2}, \\ S_2 = \lambda_2^2 - \dfrac{W_2}{L_2}\lambda_2 + \dfrac{1}{L_2C_2}, \\ S_3 = \lambda_3^2 - \dfrac{W_2}{L_2}\lambda_3 + \dfrac{1}{L_2C_2}, \\ S_4 = \lambda_4^2 - \dfrac{W_2}{L_2}\lambda_4 + \dfrac{1}{L_2C_2}. \end{cases}$$

Weil i_1 für $t=0$ den Werth Null hat, so sind die beiden Zusammenstellungen

S_1 und S_3 positiv; S_2 und S_4 negativ,
S_1 und S_3 negativ; S_2 und S_4 positiv

ausgeschlossen. Eine Durchmusterung aller übrigen 14 Zusammenstellungen ergiebt, dass die Gleichung

$$(49)\qquad i_1 = 0$$

keine endliche positive Wurzel besitzt, falls S_4 positiv ist, d. h.

$$(50)\quad (A)\qquad \lambda_4^2 + \frac{1}{L_2C_2} > \frac{W_2}{L_2}\lambda_4$$

ist, dagegen eine solche Wurzel t_{12} hat, falls S_4 negativ ist, d. h.

$$(51)\quad (B)\qquad \lambda_4^2 + \frac{1}{L_2C_2} < \frac{W_2}{L_2}\lambda_4$$

ist.

In dem Falle (A) wächst das Potential Π_1 von dem Werthe Null für $t=0$ beständig, bis zu dem Werthe E für $t=\infty$. Der Anfangswerth stellt ein analytisches Minimum dar. Die Stromstärke i_1 wächst gleichzeitig von Null an, erreicht zu einer gewissen Zeit t_{11}, welche die einzige endliche positive Wurzel der Gleichung

$$\frac{di_1}{dt}=0 \tag{52}$$

ist, ein Maximum und nimmt dann zu dem schliesslichen, der Zeit $t=\infty$ angehörenden Werthe Null ab. Für $t=t_{11}$ zeigt die Π_1-Curve einen Inflexionspunkt.

In dem Falle (B) nimmt Π_1, mit dem Werthe Null anfangend, zuerst zu, bis zu einem zur Zeit t_{12} eintreffenden Maximum, und nimmt dann ab um für $t=\infty$ gleich E zu werden. Die Grösse i_1 wächst von Null an, zeigt ein Maximum zur Zeit t_{11}, welche jetzt die kleinere positive Wurzel der Gl (52) ist, nimmt ab, wird Null für $t=t_{12}$, nimmt weiter ab, zeigt ein negatives Minimum zur Zeit t_{13}, welche die grössere positive Wurzel der Gleichung (52) ist, und wächst alsdann, bis zu dem Werthe Null, für $t=\infty$. Die Π_1-Curve hat Inflexionspunkte für $t=t_{11}$ und $t=t_{13}$.

b) *Das Potential Π_2 und die Stromstärke i_2.* Es sind die Resultate hier dieselben wie in Bezug auf Π_1 und i_1. Nur hat man L_1 und L_2, C_1 und C_2, W_1 und W_2 mit einander zu vertauschen.

c) *Die Stromstärke J.* Das Verhalten der Stromstärke J hängt davon ab, ob

$$\lambda_4^2+\frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}>\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_4 \tag{53}$$

oder

$$\lambda_4^2+\frac{C_1+C_2}{(L_1+L_2)C_1C_2}<\frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\lambda_4 \tag{54}$$

ist. Besteht die Ungleichheit (53), so wächst J von Null an, hat zur Zeit t_1, welche die einzige positive Wurzel der Gleichung

$$\frac{dJ}{dt}=0 \tag{55}$$

ist, ein Maximum, nimmt ab und wird gleich Null für $t=\infty$. Besteht dagegen die Ungleichheit (54), so hat die Gl. (55) zwei positive Wurzeln t_1 und t_3 und die Gleichung

$$J=0 \tag{56}$$

eine solche Wurzel t_2, wobei die Reihenfolge

$$0<t_1<t_2<t_3<\infty \tag{57}$$

ist. Es wächst J zuerst, zeigt für $t = t_1$ ein Maximum, nimmt ab, wird gleich Null zur Zeit t_2, nimmt weiter ab, zeigt ein Minimum für $t = t_3$ und wächst dann, bis zu dem Werthe Null, welcher mit $t = \infty$ erreicht wird.

8. **Formeln für die gemischte Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Es hat das Potential Π_1 jetzt die Form (vergl. p. 466)

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{H_1 \cos\beta t + K_1 \sin\beta t\}, \tag{58}$$

wobei λ_1 und λ_2 die beiden reellen, $\alpha + i\beta$ und $\alpha - i\beta$ die beiden conjugirten imaginären Wurzeln der Gleichung (16) p. 480 darstellen, sowie λ_1, λ_2, α und β alle positiv sind. Zur Constantenbestimmung liefern die Formeln (45) p. 472 und die Anfangsbedingungen (6) p. 478 das System der Gleichungen

$$\begin{cases} F_1 + G_1 + H_1 = -WJ_0, \\ F_1\lambda_1 + G_1\lambda_2 + H_1\alpha - K_1\beta = 0, \\ F_1\lambda_1^2 + G_1\lambda_2^2 + H_1(\alpha^2 - \beta^2) - 2K_1\alpha\beta = 0, \\ F_1\lambda_1^3 + G_1\lambda_2^3 + H_1\alpha(\alpha^2 - 3\beta^2) + K_1\beta(\beta^2 - 3\alpha^2) = 0, \end{cases}$$

mit der Auflösung

$$\begin{cases} (\lambda_1 - \lambda_2)\{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\} F_1 = \dfrac{W}{L_1 L_2 C_1 C_2}\dfrac{J_0}{\lambda_1}, \\ (\lambda_1 - \lambda_2)\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} G_1 = -\dfrac{W}{L_1 L_2 C_1 C_2}\dfrac{J_0}{\lambda_2}, \\ \{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} H_1 = \lambda_1\lambda_2\{2\alpha(\lambda_1 + \lambda_2) - \lambda_1\lambda_2 - 3\alpha^2 + \beta^2\} WJ_0, \\ \beta\{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} K_1 = \lambda_1\lambda_2\{(\alpha^2 - \beta^2)(\lambda_1 + \lambda_2) - \alpha(\alpha^2 - 3\beta^2 + \lambda_1\lambda_2)\} WJ_0. \end{cases} \tag{59}$$

Wir unterlassen die Einsetzung der Constanten F_1, G_1, H_1 und K_1 in den Ausdruck (58), sowie alle Discussionen.

Für die Stromstärke i_1 folgt

$$-\frac{1}{C_1} i_1 = F_1\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{(\alpha H_1 - \beta K_1)\cos\beta t + (\beta H_1 + \alpha K_1)\sin\beta t\}, \tag{60}$$

wobei

$$\begin{cases} \{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{\alpha H_1 - \beta K_1\} = \lambda_1\lambda_2(\alpha^2 + \beta^2)(\lambda_1 + \lambda_2 - 2\alpha) WJ_0, \\ \beta\{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{\beta H_1 + \alpha K_1\} = -\lambda_1\lambda_2(\alpha^2 + \beta^2)\{(\lambda_1 - \alpha)(\lambda_2 - \alpha) - \beta^2\} WJ_0 \end{cases} \tag{61}$$

ist.

Der Ausdruck des Potentiales Π_2 ist

$$\Pi_2 = E + F_2 e^{-\lambda_1 t} + G_2 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{H_2 \cos\beta t + K_2 \sin\beta t\}. \tag{62}$$

Zur Bestimmung der Constanten F_2, G_2, H_2 und K_2 geben die Anfangswerthe (7) p. 478 die Gleichungen

$$(63)\quad \begin{cases} F_2+G_2+H_2=-(W+W_2)J_0, \\ F_2\lambda_1+G_2\lambda_2+H_2\alpha-K_2\beta=-\dfrac{J_0}{C_2}, \\ F_2\lambda_1^2+G_2\lambda_2^2+H_2(\alpha^2-\beta^2)-2K_2\alpha\beta=0, \\ F_2\lambda_1^3+G_2\lambda_2^3+H_2\alpha(\alpha^2-3\beta^2)+K_2\beta(\beta^2-3\alpha^2)=\dfrac{J_0}{L_2C_2^2}. \end{cases}$$

Als Resultat der Auflösung findet man, indem man noch von den den Gl. (23) entsprechenden Relationen zwischen λ_1, λ_2, α und β Gebrauch macht,

$$(64)\quad \begin{cases} (\lambda_1-\lambda_2)\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}F_2=\dfrac{J_0}{L_2C_2^2}\left\{\lambda_1^2-\dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_1+\dfrac{1}{L_1C_1}\right\}\dfrac{1}{\lambda_1^2}, \\ (\lambda_1-\lambda_2)\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}G_2=-\dfrac{J_0}{L_2C_2^2}\left\{\lambda_2^2-\dfrac{W+W_1}{L_1}\lambda_2+\dfrac{1}{L_1C_1}\right\}\dfrac{1}{\lambda_2^2}, \\ \{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}H_2=\dfrac{J_0}{C_2}\left\{(W+W_2)C_2\lambda_1\lambda_2\left[\alpha^2+\beta^2-(\lambda_1-2\alpha_2)(\lambda_2-2\alpha)\right]+\right. \\ \qquad\left.+(\lambda_1+\lambda_2)(3\alpha^2-\beta^2)-2\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)+\dfrac{\lambda_1+\lambda_2-2\alpha}{L_2C_2}\right\}, \\ \beta\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}K_2= \\ \qquad=\dfrac{J_0}{C_2}\left\{(W+W_2)C_2\lambda_1\lambda_2\left[(\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\lambda_1\lambda_2+\alpha^2-3\beta^2)\right]+\right. \\ \left.+\lambda_1^2\lambda_2^2-(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)(\alpha^2-\beta^2)+(\lambda_1+\lambda_2)\alpha(\alpha^2-3\beta^2)-\dfrac{1}{L_2C_2}\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]\right\}. \end{cases}$$

Für die Stromstärke i_2 erhält man

$$(65)\quad -\frac{1}{C_2}i_2=F_2\lambda_1e^{-\lambda_1t}+G_2\lambda_2e^{-\lambda_2t}+e^{-\alpha t}\{(\alpha H_2-\beta K_2)\cos\beta t+(\beta H_2+\alpha K_2)\sin\beta t\},$$

wobei

$$(66)\quad \begin{cases} \{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}\{\alpha H_2-\beta K_2\}= \\ =\dfrac{J_0}{C_2}\left\{\dfrac{W+W_2}{L_1L_2C_1}(\lambda_1+\lambda_2-2\alpha)-\lambda_1^2\lambda_2^2-(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-2\alpha\lambda_1-2\alpha\lambda_2)+\dfrac{\lambda_1\lambda_2-(\alpha^2+\beta^2)}{L_2C_2}\right\}, \\ \beta\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}\{\beta H_2+\alpha K_2\}= \\ \quad=\dfrac{J_0}{C_2}\left\{\dfrac{W+W_2}{L_1L_2C_1}\left[\beta^2-(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)\right]+(\alpha^2+\beta^2)\left[(\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)\right]+\right. \\ \qquad\left.+\alpha\lambda_1^2\lambda_2^2+\dfrac{1}{L_2C_2}\left[(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1+\lambda_2-\alpha)-\alpha\lambda_1\lambda_2\right]\right\} \end{cases}$$

ist.

Auch der Ausdruck für J ist einfach zu bilden, und zwar am besten, indem die Constanten der Formel

$$J = F' e^{-\lambda_1 t} + G' e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{H' \cos \beta t + K' \sin \beta t\} \tag{67}$$

auf Grund der Anfangswerthe (5) p. 478 direct berechnet werden. Man findet nach gehörigen Transformationen

$$\left\{\begin{aligned}
&(\lambda_1 - \lambda_2)\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} F' = -\frac{J_0}{L_2 C_0}\left\{\lambda_1^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_1 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_1},\\
&(\lambda_1 - \lambda_2)\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} G' = \frac{J_0}{L_2 C_2}\left\{\lambda_2^2 - \frac{W_1}{L_1}\lambda_2 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_2},\\
&\{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} H' = \frac{J_0}{L_2 C_2}\Big\{L_2 C_2 \lambda_1 \lambda_2 \left[(\lambda_1 - 2\alpha)(\lambda_2 - 2\alpha) - \alpha^2 + \beta^2\right] +\\
&\qquad + \lambda_1^2 + \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_2^2 - 3\alpha^2 + \beta^2 + \left(\frac{W}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)(2\alpha - \lambda_1 - \lambda_2)\Big\},\\
&\beta\{(\lambda_1 - \alpha)^2 + \beta^2\}\{(\lambda_2 - \alpha)^2 + \beta^2\} K' =\\
&\qquad = \frac{J_0}{L_2 C_2}\Big\{L_2 C_2 \lambda_1 \lambda_2 \left[\alpha(\lambda_1 - \alpha)(\lambda_2 - \alpha) + \beta^2(\lambda_1 + \lambda_2 - 3\alpha)\right] + \alpha(\lambda_1^2 + \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_2^2 - \alpha^2 + 3\beta^2) +\\
&\qquad\qquad + \left(\frac{W}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2}\right)\left[(\lambda_1 - \alpha)(\lambda_2 - \alpha) - \beta^2\right]\Big\}.
\end{aligned}\right. \tag{68}$$

9. **Formeln für die gemischte Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Setzt man

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{H_1 \cos \beta t + K_1 \sin \beta t\}, \tag{69}$$

so erhält man mittels der Anfangswerthe (11) p. 479 das System

$$\left\{\begin{aligned}
&F_1 + G_1 + H_1 = -E,\\
&F_1 \lambda_1 + G_1 \lambda_2 + H_1 \alpha - K_1 \beta = 0,\\
&F_1 \lambda_1^2 + G_1 \lambda_2^2 + H_1(\alpha^2 - \beta^2) - 2K_1 \alpha\beta = -\frac{E}{L_1 C_1},\\
&F_1 \lambda_1^3 + G_1 \lambda_2^3 + H_1 \alpha(\alpha^2 - 3\beta^2) + K_1 \beta(\beta^2 - 3\alpha^2) = \frac{E}{L_1 C_1}\left\{\frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W}{L_2}\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{70}$$

Das Resultat der Auflösung wird, indem man ähnlich wie bei dem Systeme (63) verfährt,

$$
(71)\quad
\begin{cases}
(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}F_1=\dfrac{E}{L_1C_1}\left\{\lambda_1^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_1+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}\dfrac{1}{\lambda_1},\\
(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}G_1=-\dfrac{E}{L_1C_1}\left\{\lambda_2^2-\dfrac{W_2}{L_2}\lambda_2+\dfrac{1}{L_2C_2}\right\}\dfrac{1}{\lambda_2},\\
\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}H_1=-\dfrac{E}{L_1C_1}\Big\{L_1C_1\lambda_1\lambda_2\left[(\lambda_1-2\alpha)(\lambda_2-2\alpha)-\alpha^2-\beta^2\right]+\\
\qquad\qquad+\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-3\alpha^2+\beta^2+\left(\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right)(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2)\Big\},\\
\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}K_1=-\dfrac{E}{L_1C_1}\Big\{L_1C_1\lambda_1\lambda_2\left[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)+\beta^2(\lambda_1+\lambda_2-3\alpha)\right]+\\
\qquad+\alpha\left[\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-\alpha^2+3\beta^2\right]-\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)+\left(\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right)\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]\Big\}.
\end{cases}
$$

Für die Stromstärke i_1 hat man

$$
(72)\qquad -\frac{i_1}{C_1}=F_1\lambda_1e^{-\lambda_1t}+G_1\lambda_2e^{-\lambda_2t}+e^{-\alpha t}\left\{(\alpha H_1-\beta K_1)\cos\beta t+(\beta H_1+\alpha K_1)\sin\beta t\right\},
$$

wobei

$$
(73)\quad
\begin{cases}
\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\alpha H_1-\beta K_1\right\}=\\
=-\dfrac{E}{L_1C_1}\Big\{\dfrac{1}{L_2C_2}(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2)-2\alpha(\alpha^2+\beta^2)+\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)+\left(\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right)(\alpha^2+\beta^2-\lambda_1\lambda_2)\Big\},\\
\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\beta H_1+\alpha K_1\right\}=-\dfrac{E}{L_1C_1}\Big\{\dfrac{1}{L_2C_2}\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]-\alpha\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)+\\
+(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-\alpha^2+\beta^2)+\left(\dfrac{W+W_1}{L_1}+\dfrac{W}{L_2}\right)\left[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)+\alpha\beta^2-\beta^2(\lambda_1+\lambda_2)\right]\Big\}
\end{cases}
$$

ist.

Die Ausdrücke für H_2 und i_2 folgen, indem W_1 und W_2, L_1 und L_2, C_1 und C_2 mit einander vertauscht werden.

Schliesslich hat man für die Stromstärke J einen Ausdruck

$$
(74)\qquad J=F'e^{-\lambda_1t}+G'e^{-\lambda_2t}+e^{-\alpha t}\left\{H'\cos\beta t+K'\sin\beta t\right\}.
$$

Die Bestimmung der hier eingehenden Coefficienten auf Grund der Formeln für i_1 und i_2 oder auf Grund der Anfangswerthe (10) p. 479 bietet keine Schwierigkeiten. Die Ausdrücke werden aber ziemlich lang, weshalb sie hier übergangen werden mögen.

10. **Formeln für die periodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Wurzeln der Gleichung (16) p. 480 sind jetzt alle imaginär. Sie werden mit $\alpha+i\beta$, $\alpha-i\beta$, $\gamma+i\delta$ und $\gamma-i\delta$ bezeichnet. Es sind α, β, γ, δ alle positiv, und man erhält

$$(75)\quad \begin{cases} 2(\alpha+\gamma) = \dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W+W_2}{L_2}, \\ (\alpha+\gamma)^2 + 2\alpha\gamma + \beta^2 + \delta^2 = \dfrac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1L_2} + \dfrac{1}{L_1C_1} + \dfrac{1}{L_2C_2}, \\ 2\alpha(\gamma^2+\delta^2) + 2\gamma(\alpha^2+\beta^2) = \left(\dfrac{W+W_1}{C_2} + \dfrac{W+W_2}{C_1}\right)\dfrac{1}{L_1L_2}, \\ (\alpha^2+\beta^2)(\gamma^2+\delta^2) = \dfrac{1}{L_1L_2C_1C_2}. \end{cases}$$

Für das Potential Π_1 hat man jetzt den Ausdruck

$$(76)\quad \Pi_1 = E + e^{-\alpha t}\{F_1\cos\beta t + G_1\sin\beta t\} + e^{-\gamma t}\{H_1\cos\delta t + K_1\sin\delta t\},$$

und erhält mittels der Anfangsbedingungen (6) p. 478 das System

$$(77)\quad \begin{cases} F_1 + H_1 = -WJ_0, \\ F_1\alpha - G_1\beta + H_1\gamma - K_1\delta = 0, \\ F_1(\alpha^2-\beta^2) - 2G_1\alpha\beta + H_1(\gamma^2-\delta^2) - 2K_1\gamma\delta = 0, \\ F_1\alpha(3\beta^2-\alpha^2) + G_1\beta(3\alpha^2-\beta^2) + H_1\gamma(3\delta^2-\gamma^2) + K_1\delta(3\gamma^2-\delta^2) = 0. \end{cases}$$

Hieraus berechnet man für F_1 und G_1

$$(78)\quad \begin{cases} \{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\}\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\}F_1 = -WJ_0(\gamma^2+\delta^2)\{\delta^2-\beta^2+(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\}, \\ \beta\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\}\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\}G_1 = -WJ_0(\gamma^2+\delta^2)\{2\gamma(\beta^2-\alpha^2)+\alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\}, \end{cases}$$

und erhält die entsprechenden Ausdrücke für H_1 und K_1, indem man α mit γ und β mit δ vertauscht.

Das Potential Π_2 hat die Form

$$(79)\quad \Pi_2 = E + e^{-\alpha t}\{F_2\cos\beta t + G_2\sin\beta t\} + e^{-\gamma t}\{H_2\cos\delta t + K_2\sin\delta t\}$$

und die Coefficienten folgen aus den Gleichungen

$$(80)\quad \begin{cases} F_2 + H_2 = -(W+W_2)J_0, \\ F_2\alpha - G_2\beta + H_2\gamma - K_2\delta = -\dfrac{J_0}{C_2}, \\ F_2(\alpha^2-\beta^2) - 2G_2\alpha\beta + H_2(\gamma^2-\delta^2) - 2K_2\gamma\delta = 0, \\ F_2\alpha(3\beta^2-\alpha^2) + G_2\beta(3\alpha^2-\beta^2) + H_2\gamma(3\delta^2-\gamma^2) + K_2\delta(3\gamma^2-\delta^2) = -\dfrac{J_0}{L_2C_2^2}. \end{cases}$$

Man berechnet

$$
(81)\quad \begin{cases}
\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F_2 = \\
\quad = \dfrac{J_0}{C_2}\left\{C_2(W+W_2)(\gamma^2+\delta^2)\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\right]+\left[2\alpha\delta^2-\gamma\beta^2-3\alpha\gamma(\gamma-\alpha)\right]+2\dfrac{\gamma-\alpha}{L_2C_2}\right\}, \\
\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G_2 = \\
= \dfrac{J_0}{C_2}\left\{C_2(W+W_2)(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right]+(\gamma^2+\delta^2)^2+(\alpha^2-\beta^2)(\delta^2-3\gamma^2)+\right. \\
\qquad\qquad \left.+2\alpha\gamma(\alpha^2-3\beta^2)-\dfrac{1}{L_2C_2}\left[(\alpha-\gamma)^2-\beta^2+\delta^2\right]\right\}.
\end{cases}
$$

Die Ausdrücke für H_2 und K_2 erhält man hieraus durch Vertauschen von α und γ, β und δ mit einander. Auch die Ausdrücke für die Stromstärken i_1 und i_2, welche

$$
(82)\quad \begin{cases}
-\dfrac{1}{C_1}i_1 = e^{-\alpha t}\left\{(\alpha F_1-\beta G_1)\cos\beta t+(\beta F_1+\alpha G_1)\sin\beta t\right\}+e^{-\gamma t}\left\{(\gamma H_1-\delta K_1)\cos\delta t+(\delta H_1+\gamma K_1)\sin\delta t\right\}, \\
-\dfrac{1}{C_2}i_2 = e^{-\alpha t}\left\{(\alpha F_2-\beta G_2)\cos\beta t+(\beta F_2+\alpha G_2)\sin\beta t\right\}+e^{-\gamma t}\left\{(\gamma H_2-\delta K_2)\cos\delta t+(\delta H_2+\gamma K_2)\sin\delta t\right\}
\end{cases}
$$

sind, können einfach gebildet werden. Die Ausführung möge hier unterbleiben.

Schliesslich hat man

$$
(83)\qquad J = e^{-\alpha t}\left\{F'\cos\beta t+G'\sin\beta t\right\}+e^{-\gamma t}\left\{H'\cos\delta t+K'\sin\delta t\right\}
$$

und berechnet

$$
(84)\quad \begin{cases}
\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F' = \\
\quad = \dfrac{J_0}{L_2C_2}\left\{L_2C_2(\gamma^2+\delta^2)\left[(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)-\beta^2+\delta^2\right]+\beta^2-\delta^2-3(\alpha^2-\gamma^2)+2\left(\dfrac{W}{L_1}+\dfrac{W+W_2}{L_2}\right)(\alpha-\gamma)\right\}, \\
\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G' = \\
= \dfrac{J_0}{L_2C_2}\left\{L_2C_2(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma(\beta^2-\alpha^2)+\alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right]-\alpha(\alpha^2+\delta^2)+3\alpha(\beta^2+\gamma^2)-2\gamma(\gamma^2+\delta^2)+\right. \\
\qquad\qquad \left.+\left(\dfrac{W}{L_1}+\dfrac{W+W_2}{L_2}\right)\left[(\gamma-\alpha)^2-\beta^2+\delta^2\right]\right\}.
\end{cases}
$$

Die Ausdrücke für H' und K' ergeben sich aus den obigen Ausdrücken durch das Vertauschen von α und γ, β und δ.

11. **Formeln für die periodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Formeln (75) gelten hier unverändert. Für die Coefficienten in der Formel

$$
(85)\qquad \Pi_1 = E+e^{-\alpha t}\left\{F_1\cos\beta t+G_1\sin\beta t\right\}+e^{-\gamma t}\left\{H_1\cos\delta t+K_1\sin\delta t\right\}.
$$

geben die Anfangsbedingungen (11) p. 479 die Gleichungen

$$(86)\qquad \begin{cases} F_1 + H_1 = -E, \\ F_1\alpha - G_1\beta + H_1\gamma - K_1\delta = 0, \\ F_1(\alpha^2-\beta^2) - 2G_1\alpha\beta + H_1(\gamma^2-\delta^2) - 2K_1\gamma\delta = \dfrac{E}{L_1C_1}, \\ F_1\alpha(3\beta^2-\alpha^2) + G_1\beta(3\alpha^2-\beta^2) + H_1\gamma(3\delta^2-\gamma^2) + K_1\delta(3\gamma^2-\delta^2) = -\dfrac{E}{L_1C_1}\left\{\dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W}{L_2}\right\}. \end{cases}$$

Durch Auflösung folgt

$$(87)\qquad \begin{cases} \left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F_1 = \\ \quad = \dfrac{E}{L_1C_1}\left\{L_1C_1(\gamma^2+\delta^2)\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\right] + 3(\alpha^2-\gamma^2) - \beta^2 + \delta^2 + 2\left(\dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W}{L_2}\right)(\gamma-\alpha)\right\}, \\ \beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G_1 = \\ \quad = \dfrac{E}{L_1C_1}\left\{L_1C_1(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma(\alpha^2-\beta^2) - \alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right] - 2\gamma(\gamma^2+\delta^2) - \alpha(\alpha^2+\delta^2) + 3\alpha(\beta^2+\gamma^2) + \right. \\ \qquad\qquad \left. + \left(\dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W}{L_2}\right)\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)^2\right]\right\}. \end{cases}$$

Die Coefficienten H_1 und K_1 folgen hieraus, indem wie immer früher α mit γ und β mit δ vertauscht wird.

Aus H_1 erhält man H_2 dadurch, dass W_1 mit W_2, L_1 mit L_2, C_1 mit C_2 und vice versa ersetzt wird.

Die ohne jede Schwierigkeit zu bildenden Ausdrücke für die Stromstärken i_1, i_2 und J mögen jetzt dahinbleiben.

XXV. Anordnung wie im Abschn. XXIV, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion.

1. **Differentialgleichung der Ladung.** Die in der Fig. 62 veranschaulichte Anordnung werde jetzt derart verändert, dass zwischen den beiden Zweigen mit den Selbstinduktionscoefficienten L_1 und L_2 bez. noch eine gegenseitige Induktion mit dem Coefficienten M wirken soll. Hierbei wird M positiv oder negativ gerechnet, wie im Art. 1, XIX p. 386 angegeben worden ist. Es entsteht in dieser Weise die letzte Anordnung, welche in der vorliegenden Arbeit einer theoretischen Betrachtung unterworfen wird. Setzt man wie im Art. 1, XXIV p. 476

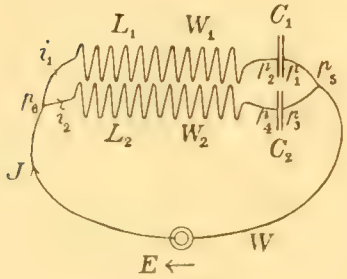


Fig. 63.

$$p_2 - p_1 = \Pi_1, \quad p_4 - p_3 = \Pi_2,$$
$$p_6 - p_5 = P,$$

so erhält man das folgende System von Gleichungen

$$(1) \quad \begin{cases} P - \Pi_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} = i_1 W_1, \\ P - \Pi_2 - L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} = i_2 W_2, \\ P + J W = E, \\ i_1 = C_1 \frac{d\Pi_1}{dt}; \quad i_2 = C_2 \frac{d\Pi_2}{dt}, \\ J = i_1 + i_2. \end{cases}$$

Indem man P, J, i_1 und i_2 eliminirt, findet man hieraus die beiden Gleichungen

$$(2) \quad \begin{cases} L_1 C_1 \frac{d^2\Pi_1}{dt^2} + M C_2 \frac{d^2\Pi_2}{dt^2} + (W + W_1) C_1 \frac{d\Pi_1}{dt} + W C_2 \frac{d\Pi_2}{dt} = E - \Pi_1, \\ M C_1 \frac{d^2\Pi_1}{dt^2} + L_2 C_2 \frac{d^2\Pi_2}{dt^2} + W C_1 \frac{d\Pi_1}{dt} + (W + W_2) C_2 \frac{d\Pi_2}{dt} = E - \Pi_2. \end{cases}$$

Diese beiden Gleichungen werden zwei Mal differentiirt, und unter den somit erhaltenen überall sechs Gleichungen werden die Grössen

$$\Pi_2,\ \frac{d\Pi_2}{dt},\ \frac{d^2\Pi_2}{dt^2},\ \frac{d^3\Pi_2}{dt^3} \text{ und } \frac{d^4\Pi_2}{dt^4}$$

eliminirt. Das Resultat der Elimination ist folgende Differentialgleichung für Π_1.

$$(3)\quad \begin{aligned}&(L_1L_2-M^2)\frac{d^4\Pi_1}{dt^4}+\{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM\}\frac{d^3\Pi_1}{dt^3}+\\&+\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right\}\frac{d^2\Pi_1}{dt^2}+\left\{\frac{W+W_2}{C_1}+\frac{W+W_1}{C_2}\right\}\frac{d\Pi_1}{dt}+\frac{1}{C_1C_2}\Pi_1=\frac{1}{C_1C_2}E.\end{aligned}$$

Ebenso hat man für Π_2 die Differentialgleichung

$$(4)\quad \begin{aligned}&(L_1L_2-M^2)\frac{d^4\Pi_2}{dt^4}+\{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM\}\frac{d^3\Pi_2}{dt^3}+\\&+\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right\}\frac{d^2\Pi_2}{dt^2}+\left\{\frac{W+W_2}{C_1}+\frac{W+W_1}{C_2}\right\}\frac{d\Pi_2}{dt}+\frac{1}{C_1C_2}\Pi_2=\frac{1}{C_1C_2}E.\end{aligned}$$

Mit $M=0$ geben diese Differentialgleichungen die Gleichungen (3) und (4) p. 477 zurück.

2. **Anfangsbedingungen.** Es sollen die beiden selben Arten von Anfangsbedingungen in Betracht gezogen werden wie im Art. 2, XXIV. Für die erste Wahl berechnet man dann die Anfangswerthe

$$(5)\quad \begin{cases} J=\dfrac{E}{W+W_2+w}=J_0,\\ \dfrac{dJ}{dt}=0,\\ \dfrac{d^2J}{dt^2}=-\dfrac{L_1-M}{L_1L_2-M^2}\dfrac{J_0}{C_2},\\ \dfrac{d^3J}{dt^3}=\dfrac{(L_1-M)(L_1+L_2-2M)W+L_1(L_1-M)W_2-M(L_2-M)W_1}{(L_1L_2-M^2)^2}\dfrac{J_0}{C_2}. \end{cases}$$

$$(6)\quad \begin{cases} \Pi_1=(W_2+w)J_0=\Pi_{10},\\ \dfrac{d\Pi_1}{dt}=0,\\ \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2}=0,\\ \dfrac{d^3\Pi_1}{dt^3}=\dfrac{M}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}J_0,\\ \dfrac{d^4\Pi_1}{dt^4}=\dfrac{(L_1-M)(L_2-M)W-M(L_1W_2+L_2W_1)}{(L_1L_2-M^2)^2C_1C_2}J_0. \end{cases}$$

$$(7)\qquad \begin{cases} \Pi_2 = wJ_0 = \Pi_{20}\,, \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = \dfrac{J_0}{C_2}\,, \\ \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = 0\,, \\ \dfrac{d^3\Pi_2}{dt^3} = -\dfrac{L_1}{(L_1L_2 - M^2)\,C_2^2}\,J_0\,, \\ \dfrac{d^4\Pi_2}{dt^4} = \dfrac{(L_1 - M)^2\,W + L_1^2\,W_2 + M^2\,W_1}{(L_1L_2 - M^2)^2\,C_2^2}\,J_0\,. \end{cases}$$

$$(8)\qquad \begin{cases} i_1 = 0\,, \\ \dfrac{di_1}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2i_1}{dt^2} = \dfrac{M}{L_1L_2 - M^2}\,\dfrac{J_0}{C_2}\,, \\ \dfrac{d^3i_1}{dt^3} = \dfrac{(L_1 - M)\,(L_2 - M)\,W - M\,(L_1\,W_2 + L_2\,W_1)}{(L_1L_2 - M^2)^2}\,\dfrac{J_0}{C_2}\,. \end{cases}$$

$$(9)\qquad \begin{cases} i_2 = \dfrac{E}{W + W_2 + w} = J_0\,, \\ \dfrac{di_2}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2i_2}{dt^2} = -\dfrac{L_1}{L_1L_2 - M^2}\,\dfrac{J_0}{C_2}\,, \\ \dfrac{d^3i_2}{dt^3} = \dfrac{(L_1 - M)^2\,W + L_1^2\,W_2 + M^2\,W_1}{(L_1L_2 - M^2)^2}\,\dfrac{J_0}{C_2}\,. \end{cases}$$

Für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen erhält man ebenso, wenn man sich mit einer Ableitung weniger als in den obigen Ausdrücken begnügt,

$$(10)\qquad \begin{cases} J = 0\,, \\ \dfrac{dJ}{dt} = \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1L_2 - M^2}\,E\,, \\ \dfrac{d^2J}{dt^2} = -\dfrac{(L_1 + L_2 - 2M)^2\,W + (L_2 - M)^2\,W_1 + (L_1 - M)^2\,W_2}{(L_1L_2 - M^2)^2}\,E\,. \end{cases}$$

$$(11)\qquad \begin{cases} \Pi_1 = 0\,, \\ \dfrac{d\Pi_1}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2\Pi_1}{dt^2} = \dfrac{L_2 - M}{L_1L_2 - M^2}\,\dfrac{E}{C_1}\,, \\ \dfrac{d^3\Pi_1}{dt^3} = -\dfrac{(L_2 - M)\,(L_1 + L_2 - 2M)\,W + L_2\,(L_2 - M)\,W_1 - M\,(L_1 - M)\,W_2}{(L_1L_2 - M^2)^2}\,\dfrac{E}{C_1}\,. \end{cases}$$

$$(12)\qquad \begin{cases} \Pi_2 = 0\,, \\ \dfrac{d\Pi_2}{dt} = 0\,, \\ \dfrac{d^2\Pi_2}{dt^2} = \dfrac{L_1 - M}{L_1 L_2 - M^2}\dfrac{E}{C_2}\,, \\ \dfrac{d^3\Pi_2}{dt^3} = -\dfrac{(L_1 - M)(L_1 + L_2 - 2M)\,W + L_1(L_1 - M)\,W_2 - M(L_2 - M)\,W_1}{(L_1 L_2 - M^2)^2}\dfrac{E}{C_2}\,. \end{cases}$$

$$(13)\qquad \begin{cases} i_1 = 0\,, \\ \dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{L_2 - M}{L_1 L_2 - M^2}E\,, \\ \dfrac{d^2 i_1}{dt^2} = -\dfrac{(L_2 - M)(L_1 + L_2 - 2M)\,W + L_2(L_2 - M)\,W_1 - M(L_1 - M)\,W_2}{(L_1 L_2 - M^2)^2}E\,. \end{cases}$$

$$(14)\qquad \begin{cases} i_2 = 0\,, \\ \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{L_1 - M}{L_1 L_2 - M^2}E\,, \\ \dfrac{d^2 i_2}{dt^2} = -\dfrac{(L_1 - M)(L_1 + L_2 - 2M)\,W + L_1(L_1 - M)\,W_2 - M(L_2 - M)\,W_1}{(L_1 L_2 - M^2)^2}E\,. \end{cases}$$

3. **Charakter der Ladung.** Die Lösung der Differentialgleichung (3) hat die Form

$$(15)\qquad \Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + H_1 e^{-\lambda_3 t} + K_1 e^{-\lambda_4 t}\,,$$

und es sind λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 Wurzeln der Gleichung vierten Grades

$$(16)\qquad \begin{aligned} &(L_1 L_2 - M^2)\,r^4 - \{L_1(W + W_2) + L_2(W + W_1) - 2WM\}\,r^3 + \\ &+ \left\{WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}\right\} r^2 - \left\{\frac{W + W_2}{C_1} + \frac{W + W_1}{C_2}\right\} r + \frac{1}{C_1 C_2} = 0\,. \end{aligned}$$

Wir setzen

$$(17)\qquad \begin{cases} A_0 = L_1 L_2 - M^2\,, \\ A_1 = L_1(W + W_2) + L_2(W + W_1) - 2WM\,, \\ A_2 = WW_1 + WW_2 + W_1 W_2 + \dfrac{L_1}{C_2} + \dfrac{L_2}{C_1}\,, \\ A_3 = \dfrac{W + W_2}{C_1} + \dfrac{W + W_1}{C_2}\,, \\ A_4 = \dfrac{1}{C_1 C_2} \end{cases}$$

und erhalten dann statt (16) die Gl.

$$(18)\qquad A_0 r^4 - A_1 r^3 + A_2 r^2 - A_3 r + A_4 = 0\,.$$

Zu der Gleichung (18) hat man die cubische Resolvente (14) p. 465, die Invarianten A und B, p. 465 und die Discriminante D ebenda. Die ausgeführten Ausdrücke der beiden Invarianten sind jetzt

$$\frac{1}{(L_1L_2-M^2)^6}A=\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right\}^2$$

(19)

$$-3\left\{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM\right\}\left\{\frac{W+W_2}{C_1}+\frac{W+W_1}{C_2}\right\}+12(L_1L_2-M^2)\frac{1}{C_1C_2},$$

(20)

$$\frac{1}{(L_1L_2-M^2)^9}B=27\left\{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM\right\}^2\frac{1}{C_1C_2}+$$

$$+27(L_1L_2-M^2)\left\{\frac{W+W_2}{C_1}+\frac{W+W_1}{C_2}\right\}^2+2\left(WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right)^3$$

$$-72(L_1L_2-M^2)\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right\}\frac{1}{C_1C_2}$$

$$-9\left\{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM\right\}\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right\}\left\{\frac{W+W_2}{C_1}+\frac{W+W_1}{C_2}\right\}.$$

Es giebt wie früher drei verschiedene Ladungsarten, die aperiodische, die gemischte und die periodische, für welche die Zeichen der Discriminante D und der beiden Grössen (18) p. 465 entscheidend sind.

Bei der aperiodischen Ladungsart sind die Wurzeln λ_1, λ_2, λ_3 und λ_4 alle reel und positiv und werden in der gewöhnlichen Grössenordnung genommen. Ihre elementarsymmetrischen Functionen haben die Werthe

(21)

$$\left\{\begin{aligned}
&\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4=\frac{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM}{L_1L_2-M^2},\\
&\lambda_1\lambda_2+\lambda_1\lambda_3+\lambda_1\lambda_4+\lambda_2\lambda_3+\lambda_2\lambda_4+\lambda_3\lambda_4=\frac{\left\{WW_1+WW_2+W_1W_2\right\}C_1C_2+L_1C_1+L_2C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2},\\
&\lambda_1\lambda_2\lambda_3+\lambda_1\lambda_2\lambda_4+\lambda_1\lambda_3\lambda_4+\lambda_2\lambda_3\lambda_4=\frac{(W+W_1)C_1+(W+W_2)C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2},\\
&\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4=\frac{1}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}.
\end{aligned}\right.$$

Ferner hat man D positiv und

$$\sqrt{D}=(L_1L_2-M^2)^{12}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_1-\lambda_4)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_4)(\lambda_3-\lambda_4). \tag{22}$$

Bei der gemischten Ladungsart sind die Wurzeln der Gleichung (15) λ_1, λ_2, $\alpha+i\beta$ und $\alpha-i\beta$, wobei λ_1, λ_2, α und β reel und positiv sind, und es bestehen die Relationen

$$\Pi_1=E+F_1e^{-\lambda_1t}+G_1e^{-\lambda_2t}+e^{-\alpha t}\left\{H_1\cos\beta t+K_1\sin\beta t\right\}, \tag{23}$$

$$(24)\quad \begin{cases} \lambda_1 + \lambda_2 + 2\alpha = \dfrac{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM}{L_1L_2-M^2}, \\ \lambda_1\lambda_2 + 2\alpha(\lambda_1+\lambda_2)+\alpha^2+\beta^2 = \dfrac{\{WW_1+WW_2+W_1W_2\}C_1C_2+L_1C_1+L_2C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \\ 2\lambda_1\lambda_2\alpha + (\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2+\beta^2) = \dfrac{(W+W_1)C_1+(W+W_2)C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \\ \lambda_1\lambda_2(\alpha^2+\beta^2) = \dfrac{1}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \end{cases}$$

sowie

$$(25)\quad \sqrt{-D} = (L_1L_2-M^2)^{12}\,2\beta(\lambda_1-\lambda_2)\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}.$$

Es wird λ_1 grösser als λ_2 genommen. Die Discriminante D ist negativ.

Schliesslich giebt es bei periodischer Ladung vier paarweise conjugirte imaginäre Wurzeln $\alpha+i\beta$, $\alpha-i\beta$, $\gamma+i\delta$ und $\gamma-i\delta$ der Gleichung (16), wobei α, β, γ und δ alle positiv sind. Man hat ferner

$$(26)\quad \Pi_1 = E + e^{-\alpha t}\{F_1\cos\beta t + G_1\sin\beta t\} + e^{-\gamma t}\{H_1\cos\delta t + K_1\sin\delta t\},$$

$$(27)\quad \begin{cases} 2(\alpha+\gamma) = \dfrac{L_1(W+W_2)+L_2(W+W_1)-2WM}{L_1L_2-M^2}, \\ \alpha^2+\beta^2+\gamma^2+\delta^2+4\alpha\gamma = \dfrac{\{WW_1+WW_2+W_1W_2\}C_1C_2+L_1C_1+L_2C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \\ 2\alpha(\gamma^2+\delta^2)+2\gamma(\alpha^2+\beta^2) \quad \dfrac{(W+W_1)C_1+(W+W_2)C_2}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \\ (\alpha^2+\beta^2)(\gamma^2+\delta^2) = \dfrac{1}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}, \end{cases}$$

sowie

$$(28)\quad \sqrt{D} = (L_1L_2-M^2)^{12}\,4\beta\delta\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\}\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\}.$$

Die Discriminante D ist jetzt wieder positiv.

4. **Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Die Coefficienten F_1, G_1, H_1 und K_1 des Ausdruckes (15) p. 499 erfüllen jetzt die Gleichungen

$$(29)\quad \begin{cases} F_1+G_1+H_1+K_1 = -WJ_0, \\ F_1\lambda_1+G_1\lambda_2+H_1\lambda_3+K_1\lambda_4 = 0, \\ F_1\lambda_1^2+G_1\lambda_2^2+H_1\lambda_3^2+K_1\lambda_4^2 = 0, \\ F_1\lambda_1^3+G_1\lambda_2^3+H_1\lambda_3^3+K_1\lambda_4^3 = -\dfrac{M}{L_1L_2-M^2}\dfrac{J_0}{C_1C_2}. \end{cases}$$

Durch Auflösung folgt, indem noch

$$\sqrt{D'} = \frac{\sqrt{D}}{(L_1 L_2 - M^2)^{1/2}} \tag{30}$$

gesetzt wird,

$$\left\{\begin{aligned}
\sqrt{D'}\, F_1 &= \frac{MJ_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_1 C_2} \left\{\lambda_1 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}, \\
\sqrt{D'}\, G_1 &= -\frac{MJ_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_1 C_2} \left\{\lambda_2 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}, \\
\sqrt{D'}\, H_1 &= \frac{MJ_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_1 C_2} \left\{\lambda_3 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}, \\
\sqrt{D'}\, K_1 &= -\frac{MJ_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_1 C_2} \left\{\lambda_4 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}.
\end{aligned}\right. \tag{31}$$

Somit hat man

$$\begin{aligned}
\frac{\{L_1 L_2 - M^2\}\, C_1 C_2 \sqrt{D'}}{M} \frac{\Pi_1 - E}{J_0} &= \left\{\lambda_1 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 t} \\
&- \left\{\lambda_2 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \left\{\lambda_3 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \\
&- \left\{\lambda_4 - \frac{W}{M}\right\} \frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4} e^{-\lambda_4 t}.
\end{aligned} \tag{32}$$

Hieraus folgt weiter

$$\begin{aligned}
-\frac{\{L_1 L_2 - M^2\}\, C_2 \sqrt{D'}}{M} \frac{i_1}{J_0} &= \left(\lambda_1 - \frac{W}{M}\right)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2) e^{-\lambda_1 t} \\
&- \left(\lambda_2 - \frac{W}{M}\right)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3) e^{-\lambda_2 t} + \left(\lambda_3 - \frac{W}{M}\right)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4) e^{-\lambda_3 t} \\
&- \left(\lambda_4 - \frac{W}{M}\right)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1) e^{-\lambda_4 t}.
\end{aligned} \tag{33}$$

Die das Potential Π_2 und die Stromstärke i_2 betreffenden Formeln sind

$$\Pi_2 = E + F_2 e^{-\lambda_1 t} + G_2 e^{-\lambda_2 t} + H_2 e^{-\lambda_3 t} + K_2 e^{-\lambda_4 t}, \tag{34}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\sqrt{D'}\, F_2 &= -\frac{L_1 J_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_2^2} \frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1^2} \left\{\lambda_1^2 - \frac{W + W_1}{L_1}\lambda_1 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\
\sqrt{D'}\, G_2 &= \frac{L_1 J_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_2^2} \frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2^2} \left\{\lambda_2^2 - \frac{W + W_1}{L_1}\lambda_2 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\
\sqrt{D'}\, H_2 &= -\frac{L_1 J_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_2^2} \frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3^2} \left\{\lambda_3^2 - \frac{W + W_1}{L_1}\lambda_3 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\}, \\
\sqrt{D'}\, K_2 &= \frac{L_1 J_0}{(L_1 L_2 - M^2)\, C_2^2} \frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4^2} \left\{\lambda_4^2 - \frac{W + W_1}{L_1}\lambda_4 + \frac{1}{L_1 C_1}\right\},
\end{aligned}\right. \tag{35}$$

$$(36)\quad -\frac{(L_1L_2-M^2)\,C_2\sqrt{D'}}{L_1}\frac{\Pi_2-E}{J_0}=\left\{\lambda_1^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1^2}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2^2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{\lambda_3^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3^2}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4^2}e^{-\lambda_4 t}.$$

$$(37)\quad \frac{(L_1L_2-M^2)\,C_2\sqrt{D'}}{L_1}\frac{i_2}{J_0}=\left\{\lambda_1^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{\lambda_3^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_3+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_4+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t}$$

Schliesslich berechnet man noch

$$(38)\quad \frac{(L_1L_2-M^2)\,C_2\sqrt{D'}}{L_1-M}\frac{J}{J_0}=\left\{\lambda_1^2-\frac{W_1\lambda_1}{L_1-M}+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{\lambda_2^2-\frac{W_1\lambda_2}{L_1-M}+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{\lambda_3^2-\frac{W_1\lambda_3}{L_1-M}+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{\lambda_4^2-\frac{W_1\lambda_4}{L_1-M}+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t}.$$

5. **Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** In Bezug auf Π_2 und i_2 gilt jetzt genau dasselbe wie im Art. 5, XXIV, a) p. 484. Bei der Discussion von J braucht man nur zu beachten, dass statt der Ungleichheiten (40) und (41) p. 485 im Art. 5, XXIV jetzt die beiden Ungleichheiten

$$(39)\quad \lambda_4^2+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}>\frac{W_1}{L_1-M}\lambda_4,$$

und

$$(40)\quad \lambda_4^2+\frac{1}{(L_1-M)\,C_1}<\frac{W_1}{L_1-M}\lambda_4$$

gelten.

Bei der Discussion von Π_1 und i_1 tritt eine Verschiedenheit ein, indem jetzt zwei Fälle

N:o 1.

(41) $$\lambda_4 < \frac{W}{M}$$

und

(42) $$\lambda_4 > \frac{W}{M}$$

vorhanden sind. Wenn die Ungleichheit (41) besteht, so hat man das im Art. 5, XXIV a) betrachtete Verhalten von H_1 und i_1. Ist dagegen die Ungleichheit (42) erfüllt, so hat die Gleichung

(43) $$i_1 = 0$$

eine positive endliche Wurzel t_{12} und die Gleichung

(44) $$\frac{di_1}{dt} = 0$$

zwei endliche positive Wurzeln t_{11} und t_{13}, wobei

(45) $$0 < t_{11} < t_{12} < t_{13} < \infty$$

ist. Es wächst dann H_1 von H_{10} an, erreicht zur Zeit t_{12} ein Maximum und nimmt wieder ab, bis zu dem Werthe E in dem stationären Zustande.

Gleichzeitig wächst die Stromstärke i_1 zuerst von dem $t = 0$ angehörenden Werthe Null, welcher ein Minimum ist, zu einem zur Zeit t_{11} eintreffenden Maximum, nimmt ab, wird gleich Null für $t = t_{12}$, nimmt weiter ab, zeigt ein negatives Minimum für $t = t_{13}$ und wächst dann zu dem Endwerthe Null, für $t = \infty$.

Den Abscissen t_{11} und t_{13} entsprechen Inflexionspunkte der H_1-Curve.

6. **Formeln für die aperiodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Man berechnet jetzt mittels der Anfangswerthe (11) p. 498

$$\begin{aligned}(46)\quad -(L_1L_2 - M^2)C_1\sqrt{D}\,\frac{\Pi_1 - E}{E} = {} & \left\{(L_2 - M)\lambda_1^2 - W_2\lambda_1 + \frac{1}{C_2}\right\}\frac{(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)}{\lambda_1}e^{-\lambda_1 t} \\ & - \left\{(L_2 - M)\lambda_2^2 - W_2\lambda_2 + \frac{1}{C_2}\right\}\frac{(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)}{\lambda_2}e^{-\lambda_2 t} + \\ & + \left\{(L_2 - M)\lambda_3^2 - W_2\lambda_3 + \frac{1}{C_2}\right\}\frac{(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)}{\lambda_3}e^{-\lambda_3 t} \\ & - \left\{(L_2 - M)\lambda_4^2 - W_2\lambda_4 + \frac{1}{C_2}\right\}\frac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)}{\lambda_4}e^{-\lambda_4 t}.\end{aligned}$$

$$(47)\quad (L_1L_2-M^2)\sqrt{D'}\,\frac{i_1}{E}=\left\{(L_2-M)\lambda_1^2-W_2\lambda_1+\frac{1}{C_2}\right\}(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)\,e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{(L_2-M)\lambda_2^2-W_2\lambda_2+\frac{1}{C_2}\right\}(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)\,e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{(L_2-M)\lambda_3^2-W_2\lambda_3+\frac{1}{C_2}\right\}(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)\,e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{(L_2-M)\lambda_4^2-W_2\lambda_4+\frac{1}{C_2}\right\}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_4 t}.$$

Die Ausdrücke für H_2 und i_2 gehen hieraus hervor, indem L_1 und L_2, C_1 und C_2, W_1 und W_2 mit einander vertauscht werden.

Schliesslich erhält man für J die Formel

$$(48)\quad (L_1L_2-M^2)\sqrt{D'}\,\frac{J}{E}=\left\{(L_1+L_2-2M)\lambda_1^2-(W_1+W_2)\lambda_1+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_2)\,e^{-\lambda_1 t}$$
$$-\left\{(L_1+L_2-2M)\lambda_2^2-(W_1+W_2)\lambda_2+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}(\lambda_3-\lambda_4)(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_3)\,e^{-\lambda_2 t}+$$
$$+\left\{(L_1+L_2-2M)\lambda_3^2-(W_1+W_2)\lambda_3+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}(\lambda_4-\lambda_1)(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_4)\,e^{-\lambda_3 t}$$
$$-\left\{(L_1+L_2-2M)\lambda_4^2-(W_1+W_2)\lambda_4+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right\}(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_3-\lambda_1)\,e^{-\lambda_4 t}.$$

7. Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen. Es gelten mit wenigen Veränderungen die Untersuchungen im Art. 7, XXIV. So darf statt der Ungleichheiten (50) und (51) p. 487 jetzt genommen werden bez.

$$(49)\quad (A)\qquad (L_2-M)\lambda_4^2+\frac{1}{C_2}>W_2\lambda_4$$

und

$$(50)\quad (B)\qquad (L_2-M)\lambda_4^2+\frac{1}{C_2}<W_2\lambda_4.$$

Statt der Relationen (53) und (54) p. 488 kommen jetzt die Ungleichheiten bez.

$$(51)\qquad (L_1+L_2-2M)\lambda_4^2+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}>(W_1+W_2)\lambda_4$$

und

$$(52)\qquad (L_1+L_2-2M)\lambda_4^2+\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}<(W_1+W_2)\lambda_4.$$

8. **Formeln für die gemischte Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Für das Potential Π_1 erhält man einen Ausdruck

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\left\{H_1 \cos\beta t + K_1 \sin\beta t\right\}, \tag{53}$$

und berechnet auf Grund der Anfangsbedingungen (6) p. 497

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{\lambda_1-\lambda_2\right\}\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\} F_1 = -\frac{M}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}\left\{\lambda_1-\frac{W}{M}\right\}\frac{J_0}{\lambda_1},\\
&\left\{\lambda_1-\lambda_2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\} G_1 = \frac{M}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}\left\{\lambda_2-\frac{W}{M}\right\}\frac{J_0}{\lambda_2},\\
&\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\} H_1 = \lambda_1\lambda_2\left\{W\left[\alpha^2+\beta^2-(\lambda_1-2\alpha)(\lambda_2-2\alpha)\right]\right.\\
&\qquad\qquad\left.-M(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1+\lambda_2-2\alpha)\right\} J_0,\\
&\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\} K_1 = \lambda_1\lambda_2\left\{W\left[\beta^2(3\alpha-\lambda_1-\lambda_2)-\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)\right]+\right.\\
&\qquad\qquad\left.+M(\alpha^2+\beta^2)\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]\right\} J_0.
\end{aligned}\right. \tag{54}$$

Ferner hat man

$$-\frac{1}{C_1} i_1 = F_1\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\left\{(\alpha H_1 - \beta K_1)\cos\beta t + (\beta H_1 + \alpha K_1)\sin\beta t\right\}, \tag{55}$$

wobei

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\alpha H_1-\beta K_1\right\} = \frac{1}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}\left\{W(\lambda_1+\lambda_2-2\alpha)\right.\\
&\qquad\qquad\left.-M\left[\lambda_1\lambda_2-(\alpha^2+\beta^2)\right]\right\} J_0,\\
&\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\beta H_1+\alpha K_1\right\} = -\frac{1}{(L_1L_2-M^2)C_1C_2}\left\{W\left[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\right]\right.\\
&\qquad\qquad\left.-M\left[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2(\lambda_1+\lambda_2-\alpha)\right]\right\} J_0
\end{aligned}\right. \tag{56}$$

ist.

Für Π_2 und i_2 ergeben sich die Formeln

$$\Pi_2 = E + F_2 e^{-\lambda_1 t} + G_2 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\left\{H_2 \cos\beta t + K_2 \sin\beta t\right\}. \tag{57}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\} F_2 = \frac{L_1}{L_1L_2-M^2}\frac{J_0}{C_2^2}\left\{\lambda_1^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_1+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_1^2},\\
&(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\} G_2 = -\frac{L_1}{L_1L_2-M^2}\frac{J_0}{C_2^2}\left\{\lambda_2^2-\frac{W+W_1}{L_1}\lambda_2+\frac{1}{L_1C_1}\right\}\frac{1}{\lambda_2^2},\\
&\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\} H_2 = \frac{J_0}{C_2}\left\{(W+W_2)C_2\lambda_1\lambda_2\left[\alpha^2+\beta^2-(\lambda_1-2\alpha)(\lambda_2-2\alpha)\right]+\right.\\
&\qquad\qquad\left.+(\lambda_1+\lambda_2)(3\alpha^2-\beta^2)-2\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)+\frac{L_1(\lambda_1+\lambda_2-2\alpha)}{L_1L_2-M^2)C_2}\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{58 a}$$

$$
(58\,b)\quad \left\{\begin{aligned}
&\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}K_2 = \\
&\qquad = \frac{J_0}{C_2}\Big\{(W+W_2)\,C_2\lambda_1\lambda_2\Big[(\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\lambda_1\lambda_2+\alpha^2-3\beta^2)\Big]+\lambda_1^2\lambda_2^2 \\
&\quad -(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)(\alpha^2-\beta^2)+(\lambda_1+\lambda_2)\alpha(\alpha^2-3\beta^2)-\frac{L_1}{(L_1L_2-M^2)C_2}\Big[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\Big]\Big\}.
\end{aligned}\right.
$$

$$
(59)\qquad -\frac{1}{C_2}\,i_2 = F_2\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}+G_2\lambda_2 e^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\left\{(\alpha H_2-\beta K_2)\cos\beta t+(\beta H_2+\alpha K_2)\sin\beta t\right\},
$$

$$
(60)\quad \left\{\begin{aligned}
&\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\alpha H_2-\beta K_2\right\} = \frac{J_0}{C_2}\Big\{\frac{1}{L_1L_2-M^2}\Big[\frac{(W+W_2)}{C_1}(\lambda_1+\lambda_2-2\alpha) \\
&\qquad +\frac{L_1(\lambda_1\lambda_2-\alpha^2-\beta^2)}{C_2}\Big]-\lambda_1^2\lambda_2^2-(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-2\alpha\lambda_1-2\alpha\lambda_2)\Big\}, \\
&\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{\beta H_2+\alpha K_2\right\} = \\
&\quad = \frac{J_0}{C_2}\Big\{\frac{1}{L_1L_2-M^2}\Big[\frac{W+W_2}{C_1}\Big(\beta^2-(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)\Big)+\frac{L_1}{C_2}\Big((\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1+\lambda_2-\alpha)-\alpha\lambda_1\lambda_2\Big)\Big]+ \\
&\qquad +(\alpha^2+\beta^2)\Big[(\lambda_1+\lambda_2)(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2)\Big]+\alpha\lambda_1^2\lambda_2^2\Big\}.
\end{aligned}\right.
$$

Schliesslich hat man

$$
(61)\qquad J = F' e^{-\lambda_1 t}+G' e^{-\lambda_2 t}+e^{-\alpha t}\left\{H'\cos\beta t+K'\sin\beta t\right\},
$$

$$
(62)\quad \left\{\begin{aligned}
&(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}F' = -\frac{J_0}{(L_1L_2-M^2)C_2}\Big\{(L_1-M)\lambda_1^2-W_1\lambda_1+\frac{1}{C_1}\Big\}\frac{1}{\lambda_1}, \\
&(\lambda_1-\lambda_2)\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}G' = \frac{J_0}{(L_1L_2-M^2)C_2}\Big\{(L_1-M)\lambda_2^2-W_1\lambda_2+\frac{1}{C_1}\Big\}\frac{1}{\lambda_2}, \\
&\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}H' = \\
&\qquad = \frac{J_0}{(L_1L_2-M^2)C_2}\Big\{(L_1L_2-M^2)C_2\lambda_1\lambda_2\Big[(\lambda_1-2\alpha)(\lambda_2-2\alpha)-\alpha^2-\beta^2\Big]+ \\
&\qquad\qquad +(L_1-M)\Big[\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-3\alpha^2+\beta^2\Big]+ \\
&\qquad +\frac{(L_1-M)(L_1+L_2-2M)W+L_1(L_1-M)W_2-M(L_2-M)W_1}{L_1L_2-M^2}(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2)\Big\}, \\
&\beta\left\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\right\}\left\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\right\}K' = \\
&\qquad = \frac{J_0}{(L_1L_2-M^2)C_2}\Big\{(L_1L_2-M^2)C_2\lambda_1\lambda_2\Big[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)+\beta^2(\lambda_1+\lambda_2-3\alpha)\Big]+ \\
&\qquad\qquad +(L_1-M)\Big[\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-\alpha^2+3\beta^2)-\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)\Big]+ \\
&\quad +\frac{(L_1-M)(L_1+L_2-2M)W+L_1(L_1-M)W_2-M(L_2-M)W_1}{L_1L_2-M^2}\Big[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\Big]\Big\}.
\end{aligned}\right.
$$

9. **Formeln für die gemischte Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Für das Potential Π_1 und die Stromstärke i_1 ergiebt sich jetzt:

$$\Pi_1 = E + F_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{H_1 \cos\beta t + K_1 \sin\beta t\}, \tag{63}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&(\lambda_1-\lambda_2)\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\} F_1 = \frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{(L_2-M)\lambda_1^2 - W_2\lambda_1 + \frac{1}{C_2}\Big\}\frac{1}{\lambda_1},\\
&(\lambda_1-\lambda_2)\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\} G_1 = -\frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{(L_2-M)\lambda_2^2 - W_2\lambda_2 + \frac{1}{C_2}\Big\}\frac{1}{\lambda_2},\\
&\big[(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\big]\big[(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\big] H_1 =\\
&\qquad = -\frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{(L_1L_2-M^2)C_1\lambda_1\lambda_2\big[(\lambda_1-2\alpha)(\lambda_2-2\alpha)-\alpha^2-\beta^2\big] +\\
&\qquad\qquad + (L_2-M)\big[\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-3\alpha^2+\beta^2\big] +\\
&\qquad\qquad + \frac{(L_2-M)(L_1+L_2-2M)W + L_2(L_2-M)W_1 - M(L_1-M)W_2}{L_1L_2-M^2}(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2)\Big\},\\
&\beta\big[(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\big]\big[(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\big] K_1 =\\
&\qquad = -\frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{(L_1L_2-M^2)C_1\lambda_1\lambda_2\big[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)+\beta^2(\lambda_1+\lambda_2-3\alpha)\big] +\\
&\qquad\qquad + (L_2-M)\big[\alpha(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-\alpha^2+3\beta^2)-\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)\big] +\\
&\qquad + \frac{(L_2-M)(L_1+L_2-2M)W + L_2(L_2-M)W_1 - M(L_1-M)W_2}{L_1L_2-M^2}\big[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\big].
\end{aligned}\right. \tag{64}$$

$$-\frac{i_1}{C_1} = F_1\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + G_1\lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + e^{-\alpha t}\{(\alpha H_1 - \beta K_1)\cos\beta t + (\beta H_1 + \alpha K_1)\sin\beta t\}, \tag{65}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}\{\alpha H_1 - \beta K_1\} =\\
&\qquad = -\frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{\frac{1}{C_2}(2\alpha-\lambda_1-\lambda_2) + (L_2-M)\big[\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2) - 2\alpha(\alpha^2+\beta^2)\big] +\\
&\qquad\qquad + \frac{(L_2-M)(L_1+L_2-2M) - W + L_2(L_2-M)W_1 - M(L_1-M)W_2}{L_1L_2-M^2}(\alpha^2+\beta^2-\lambda_1\lambda_2)\Big\},\\
&\beta\{(\lambda_1-\alpha)^2+\beta^2\}\{(\lambda_2-\alpha)^2+\beta^2\}\{\beta H_1 + \alpha K_1\} =\\
&= -\frac{E}{(L_1L_2-M^2)C_1}\Big\{\frac{1}{C_2}\big[(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha)-\beta^2\big] + (L_2-M)\big[(\alpha^2+\beta^2)(\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2^2-\alpha^2+\beta^2) - \alpha\lambda_1\lambda_2(\lambda_1+\lambda_2)\big]\\
&\quad + \frac{(L_2-M)(L_1+L_2-2M)W + L_2(L_2-M)W_1 - M(L_1-M)W_2}{L_1L_2-M^2}\big[\alpha(\lambda_1-\alpha)(\lambda_2-\alpha) + \beta^2(\alpha-\lambda_1-\lambda_2)\big]\Big\}.
\end{aligned}\right. \tag{66}$$

Die Ausdrücke für Π_2 und i_2 folgen hieraus, indem man W_1 mit W_2, L_1 mit L_2 und C_1 mit C_2 vertauscht.

10. **Formeln für die periodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen.** Man berechnet in diesem Falle für das Potential Π_1:

$$\Pi_1 = E + e^{-\alpha t}\left\{F_1 \cos\beta t + G_1 \sin\beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H_1 \cos\delta t + K_1 \sin\delta t\right\}, \tag{67}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F_1 = \\
&\quad = -\frac{J_0}{L_1L_2-M^2}\left\{W(L_1L_2-M^2)(\gamma^2+\delta^2)\left[\delta^2-\beta^2+(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\right]-2\frac{M(\alpha-\gamma)}{C_1C_2}\right\}, \\
&\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G_1 = \\
&\quad = -\frac{J_0}{L_1L_2-M^2}\left\{W(L_1L_2-M^2)(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma(\beta^2-\alpha^2)+\alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right]-\frac{M}{C_1C_2}\left[(\alpha-\gamma)^2-\beta^2+\delta^2\right]\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{68}$$

und erhält H_1 aus F_1, K_1 aus G_1, indem man α mit γ und β mit δ vertauscht.

Ebenso folgt

$$\Pi_2 = E + e^{-\alpha t}\left\{F_2 \cos\beta t + G_2 \sin\beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H_2 \cos\delta t + K_2 \sin\delta t\right\} \tag{69}$$

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F_2 = \\
&= \frac{J_0}{C_2}\left\{C_2(W+W_2)(\gamma^2+\delta^2)\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)\right]+\alpha\delta^2-\gamma\beta^2-3\alpha\gamma(\gamma-\alpha)+2\frac{L_1(\gamma-\alpha)}{(L_1L_2-M^2)C_2}\right\}, \\
&\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G_2 = \\
&= \frac{J_0}{C_2}\left\{C_2(W+W_2)(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma(\alpha^2-\beta^2)-\alpha(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right]+(\gamma^2+\delta^2)^2+(\alpha^2-\beta^2)(\delta^2-3\gamma^2)+\right. \\
&\qquad\qquad \left.+2\alpha\gamma(\alpha^2-3\beta^2)-\frac{L_1}{(L_1L_2-M^2)C_2}\left[(\alpha-\gamma)^2-\beta^2+\delta^2\right]\right\}.
\end{aligned}\right. \tag{70}$$

H_2 geht aus F_2 und K_2 aus G_2 hervor, indem man α mit γ und β mit δ vertauscht.

Für i_1 und i_2 hat man die Formeln (82) p. 494.

Zuletzt kommt noch

$$J = e^{-\alpha t}\left\{F' \cos\beta t + G' \sin\beta t\right\} + e^{-\gamma t}\left\{H' \cos\delta t + K' \sin\delta t\right\}, \tag{71}$$

worin

$$\left\{\begin{aligned}
&\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F' = \\
&= \frac{J_0}{(L_1L_2-M^2)C_2}\left\{(L_1L_2-M^2)C_2(\gamma^2+\delta^2)\left[(\gamma-\alpha)(\gamma-3\alpha)-\beta^2+\delta^2\right]+(L_1-M)\left[\beta^2-\delta^2-3(\alpha^2-\gamma^2)\right]+\right. \\
&\qquad\qquad \left.+2\frac{(L_1-M)(L_1+L_2-2M)W+L_1(L_1-M)W_2-M(L_2-M)W_1}{L_1L_2-M^2}(\alpha-\gamma)\right\},
\end{aligned}\right. \tag{72 a}$$

$$
(72\,b)\quad
\begin{cases}
\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G'= \\
\qquad=\dfrac{J_0}{(L_1L_2-M^2)\,C_2}\Big\{(L_1L_2-M^2)\,C_2\,(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma\,(\beta^2-\alpha^2)+\alpha\,(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right] \\
\qquad\qquad-(L_1-M)\left[\alpha\,(\alpha^2+\delta^2)-3\alpha\,(\beta^2+\gamma^2)+2\gamma\,(\gamma^2+\delta^2)\right]+ \\
\qquad+\dfrac{(L_1-M)\,(L_1+L_2-2M)\,W+L_1\,(L_1-M)\,W_2-M\,(L_2-M)\,W_1}{L_1L_2-M^2}\left[(\gamma-\alpha)^2-\beta^2+\delta^2\right]\Big\}
\end{cases}
$$

ist, und H_2 aus F_2 sowie K_2 aus G_2 durch das gewöhnliche Vertauschen folgt.

11. **Formeln für die periodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen.** Jetzt hat man

$$
(73)\qquad \Pi_1=E+e^{-\alpha t}\left\{F_1\cos\beta t+G_1\sin\beta t\right\}+e^{-\gamma t}\left\{H_1\cos\delta t+K_1\sin\delta t\right\}
$$

und berechnet auf Grund per Anfangsbedingungen (11) p. 498

$$
(74)\quad
\begin{cases}
\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}F_1= \\
\qquad=\dfrac{E}{(L_1L_2-M^2)\,C_1}\Big\{(L_1L_2-M^2)\,C_1\,(\gamma^2+\delta^2)\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)\,(\gamma-3\alpha)\right]+ \\
\qquad\qquad+(L_2-M)\left[3\,(\alpha^2-\gamma^2)-\beta^2+\delta^2\right]+ \\
\qquad+2\,\dfrac{(L_2-M)\,(L_1+L_2-2M)\,W+L_2\,(L_2-M)\,W_1-M\,(L_1-M)\,W_2}{L_1L_2-M^2}(\gamma-\alpha)\Big\}, \\
\beta\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta-\delta)^2\right\}\left\{(\alpha-\gamma)^2+(\beta+\delta)^2\right\}G_1= \\
\qquad=\dfrac{E}{(L_1L_2-M^2)\,C_1}\Big\{(L_1L_2-M^2)\,C_1\,(\gamma^2+\delta^2)\left[2\gamma\,(\alpha^2-\beta^2)-\alpha\,(\alpha^2+\gamma^2+\delta^2-3\beta^2)\right] \\
\qquad\qquad+(L_2-M)\left[2\gamma\,(\gamma^2+\delta^2)+\alpha\,(\alpha^2+\delta^2)-3\alpha\,(\beta^2+\gamma^2)\right]+ \\
\qquad+\dfrac{(L_2-M)\,(L_1+L_2-2M)\,W+L_2\,(L_2-M)\,W_1-M\,(L_1-M)\,W_2}{L_1L_2-M^2}\left[\beta^2-\delta^2-(\gamma-\alpha)^2\right]\Big\}.
\end{cases}
$$

F_1 geht in H_1 und G_1 in K_1 über, indem α und γ, β und δ mit einander vertauscht werden.

Ferner erhält man H_2 aus H_1 durch Vertauschen von W_1 und W_2, L_1 und L_2, C_1 und C_2 mit einander.

Die Ausdrücke der drei Stromstärken i_1, i_2 und J mögen jetzt unterbleiben.

Experimenteller Theil.

I. Unverzweigter Stromkreis mit Capacität und Selbstinduktion.

1. **Einleitung.** Die Vorgänge in einem unverzweigten Stromkreise mit Selbstinduktion und Capacität sind Gegenstand einer grossen Anzahl von experimentellen Untersuchungen gewesen, welche jedoch das Thema nicht erschöpfen. Näheres hierüber enthalten die kurzgefasste einleitende Uebersicht und die Litteraturangaben, bis inclusive das Jahr 1896, in meiner Arbeit: „Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I". (Siehe p. 3 oben.) Einige spätere Arbeiten sind am Ende des Textes zusammengestellt. Keine vollständige systematische Untersuchung der Vorgänge in dem unverzweigten Stromkreise ist somit mehr erforderlich. In diesem Abschnitt sind auch nur die Resultate von einigen Experimenten enthalten, welche zur Vervollständigung früherer Untersuchungen vorgenommen wurden; in welchen Beziehungen, wird im Art. 2 unten dargelegt werden. Es ist nützlich, zuerst die hauptsächlichsten bis jetzt gewonnenen experimentellen Resultate anzugeben.

Die von Sir W. Thomson [1]) hergeleitete Formel für die Schwingungsdauer der oscillirenden Entladung eines Condensators

(1) $$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{W^2}{4L^2}}}$$

wurde in der für genügend kleine Werthe des Widerstandes W hervorgehenden einfachen Gestalt

(2) $$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

mehreren experimentellen Verificationen unterzogen, welche ihre strenge Richtigkeit nachwiesen. So bestätigte Feddersen für die oscillirende Entladung einer Leydener

[1]) On transient electric currents. Phil. Mag. June 1853 [4] 5 p. 393, und Math. and phys. papers of Sir W. Thomson I p. 540.

Batterie die Proportionalität zwischen T und $1/C$ [1]) und zwischen T und $1/L$ [2]), und Miesler [3]) zeigte, dass auch der Werth der in der Formel eingehenden Constante in diesem Falle mit der Erfahrung übereinstimmt. Für die oscillirende Entladung eines Condensators durch einen Induktionskreis wurden schöne, auf die Formel (2) sich beziehende relative Bestimmungen von N. Schiller [4]) ausgeführt, während besonders Hiecke [5]) eine Anzahl absoluter Messungen unternahm. Alle diese Untersuchungen legten die Richtigkeit der Formel dar. Dass sie auch für die elektrischen Schwingungen bei der Ladung eines Condensators gilt, dessen beide Belegungen plötzlich mittels einer Selbstinduktion sowie elektromotorische Kraft enthaltenden Strombahn verbunden werden, habe ich in den Arbeiten „Untersuchungen über elektrische Schwingungen I und III“ [6]) gezeigt. Weil die Capacität des Condensators in dem letzten Falle nicht augenblicklich ihren vollen Werth erreicht, muss eine Correction [7]) der experimentell erhaltenen Oscillationszeit vorgenommen werden, welche jedenfalls bei einigermaassen guten Condensatoren nur wenige pro Mille erreicht.

Die Unabhängigkeit der Oscillationszeit von dem Widerstande des Stromkreises zeigten unter anderen Versuche von Feddersen [8]) über die Batterieentladung und von mir über die Ladung eines Condensators. [9])

Auch über den Grenzwiderstand, bei welchem die oscillirende Entladung einer Leydener Batterie in eine continuirliche übergeht, hat Feddersen [10]) Versuche angestellt und dabei gefunden, besonders dass dieser Widerstand umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Capacität der Batterie ist.

---

[1]) Ueber elektrische Wellenbewegung. Pogg. Ann. 108. p. 457, 1859, sowie: Ueber die elektrische Flaschenentladung II. Pogg. Ann. 116. p. 132. 1862.

[2]) Ueber die Theorie der Stromverzweigung bei der oscillatorischen elektrischen Entladung und die „äquivalente Länge“ des Herrn Direktor Knochenhauer. Pogg. Ann. 130. p. 439. 1867.

[3]) I. Miesler, Quantitativ photographische Untersuchungen über elektrische Oscillationen. Wien. Ber. **99** [2] p. 579. 1890.

[4]) Einige experimentelle Untersuchungen über elektrische Schwingungen. Pogg. Ann. 152. p. 535. 1874.

[5]) R. Hiecke, Ueber die Deformation elektrischer Oscillationen durch die Nähe geschlossener Leiter. Wien. Ber. **96** [2] p. 134. 1888.

[6]) Th. I p. 81 ... 87.

[7]) Th. III p. 33.

[8]) Ueber elektrische Wellenbewegung. Pogg. Ann. 108. p. 497. 1859.

[9]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, p. 83 u. f.

[10]) Ueber die oscillatorische Entladung und ihre Grenze. Pogg. Ann. 112. p. 451, sowie: Ueber die elektrische Flaschenentladung I. Pogg. Ann. 113. p. 437. 1861.

In der oben erwähnten theoretischen Arbeit von Sir W. THOMSON findet sich für das logaritmische Decrement der Oscillationen bei der Entladung eines Condensators der Ausdruck

$$\alpha = \frac{W}{4L} T = \frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{CW^2}{4L}}} \tag{3}$$

(hier einer Halboscillation entsprechend angegeben). Für kleine Widerstände bekommt man

$$\alpha = \frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}}. \tag{4}$$

Auf die experimentelle Verification der Formel (4) ist viel Mühe angewandt worden. Hierzu eignen sich die oscillirenden Vorgänge in einem an den Belegungen eines Condensators (Luftcondensator oder Condensator mit festem Dielectricum) endenden Stromkreise mit merkbarer Selbstinduktion wesentlich besser als die Entladung der Leydener Batterie. Das Decrement konnte um so schärfer bestimmt werden, je besser und vollständiger man lernte die Schwingungscurven experimentell aufzunehmen. SCHILLER fand, dass die Dämpfung bei der oscillirenden Condensatorentladung bedeutend grösser ist, als die Formel (4) verlangt.[1]) Zur Erklärung der unerwarteten Abweichung zog er das schwache Leitungsvermögen der isolirenden Schichten der Induktionsspulen und des Dielectricums der Condensatoren zu Hülfe und erzielte alsdann eine befriedigende Uebereinstimmung. Die SCHILLER'schen Bestimmungen sind alle relativ, indem die charakteristischen Constanten C und L der Strombahn nicht absolut gemessen wurden. Wie SCHILLER kam auch COLLEY[2]) zu dem Resultate, dass die Dämpfung der Schwingungen viel stärker ist, als die elementarie Theorie erfordert. Weitere Erklärungen hierzu suchte man in einer Induktionswirkung auf benachbarte Leiter (KLEMENCIC[3]), HIECKE[4]) oder in einer Energieabsorption im Condensator (PORTER[5]). Jedoch haben diese letzteren Erklärungen nur in Ausnahmefällen eine Bedeutung.

[1]) N. SCHILLER. Einige experimentelle Untersuchungen über elektrische Schwingungen. Pogg. Ann. 152. p. 535. 1874.

[2]) R. COLLEY. Ueber einige neue Methoden zur Beobachtung elektrischer Schwingungen und einige Anwendungen derselben. I. Wied. Ann. 26. p. 432. 1885.

[3]) I. KLEMENCIC. Untersuchungen über das Verhältniss zwischen dem elektrostatischen und elektromagnetischen Maassystem. II. Anhang. Wien. Ber. **93** [2]. p. 491. 1886.

[4]) R. HIECKE. Ueber die Deformation elektrischer Oscillationen durch die Nähe geschlossener Leiter. Wien. Ber. **96** [2]. p. 134. 1888.

[5]) A. W. PORTER. On the flow in electric circuits of measurable inductance and capacity; and on the dissipation of energy in such circuits. Proc. of the royal Society of London. 54. p. 7. 1893.

Auch bei der oscillirenden Ladung eines ursprünglich ungeladenen Condensators erhält man ein grösseres Decrement als nach der Formel (4).[1] Herr SEILER[2] schliesst hieraus, dass die Werthe des Decrementes der Ladungsschwingungen für theoretische Zwecke [die Ermittelung absoluter Werthe von Capacitäten oder Selbstinduktionen] nicht verwendbar sind, was jedoch verfrüht zu sein scheint. Beachtet man nämlich wieder das Leitungsvermögen der isolirenden Schichten der Induktionsspule und des Condensatordielectricums, so folgt das Decrement[3]

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{C W'^2}{4L}}} \left\{ \sqrt{\frac{L}{C}} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) + \sqrt{\frac{C}{L}} W \right\}, \tag{5}$$

oder für nicht zu grosse Widerstände

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) + \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} W = a + b W, \tag{6}$$

welches sich gut mit den Beobachtungen vereinigen lässt.[4] Es ist in der Formel (5)

$$W' = W + \frac{L}{C} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) \tag{7}$$

und bezeichnet R den Isolationswiderstand des Condensators, r den (nicht ganz scharf definirbaren) Isolationswiderstand der Induktionsspule. Bei der experimentellen Bestimmung des Coefficienten b, der einer directen Verification fähig ist, muss eine nicht ganz kleine Correction wegen der Veränderlichkeit der Capacität des Condensators angebracht werden[5], vorausgesetzt, dass der Condensator ursprünglich keine Ladung enthielt, und seine Belegungen plötzlich verbunden wurden.

2. **Gegenstand der Untersuchung.** Die Untersuchungen in diesem Abschnitt betreffen folgende Gegenstände.

a) Nach der Theorie besteht eine einfache Abhängigkeit[6] zwischen einer Ladungs- und einer Entladungscurve, welche Stromkreisen mit denselben Werthen von

[1] Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I. p. 79.

[2] U. SEILER. Ueber Oscillationen bei der Ladung von Condensatoren und ihre Anwendung zur Bestimmung des Selbstpotentials beliebiger Leitersysteme. Wied. Ann. 61. p. 30. 1897.

[3] Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I. p. 33.

[4] A. F. SUNDELL und HJ. TALLQVIST. Ueber das Decrement elektrischer Schwingungen bei der Ladung von Condensatoren. DRUDES Annalen der Physik. Bd. 4. p. 72. 1901. FERNER: Untersuchungen über elektrische Schwingungen III. p. 27.

[5] A. F. SUNDELL und HJ. TALLQVIST. Ueber das Decrement etc. DRUDES Ann. Bd. 4. p. 72. 1901.

[6] Oben Art. 3. I p. 12 des theor. Th.

L, C und W bezw. entsprechen. Bei oscillatorischen Vorgängen sind die Oscillationszeit T und das Decrement α in beiden Fällen dieselben. Diese Abhängigkeit ist durch Aufnahme correspondirender Ladungs- und Entladungscurven geprüft worden, und zwar sowohl in dem aperiodischen wie in dem periodischen Falle.

b) Mit wachsendem Widerstande wächst die Schwingungszeit der oscillirenden Ladung oder Entladung, zuerst unmerklich, dann stärker und stärker. Aus der vollständigen Formel (1)

(1) $$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{C}{4L}W^2}}$$

folgt ja

(8) $$T = 2\pi\sqrt{LC}\left\{1 + \frac{1}{8}\frac{C}{L}W^2 + \frac{3}{128}\left(\frac{C}{L}W^2\right)^2 + \frac{5}{1024}\left(\frac{C}{L}W^2\right)^3 + \cdots\right\}.$$

Darf man jetzt schon das zweite Klammerglied im Verhältniss zu 1 vernachlässigen, so erhält man die Formel (2)

(2) $$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

welche die Schwingungszeit unabhängig von dem Widerstande giebt; darf man erst das dritte Klammerglied in (8) vernachlässigen, so folgt

(9) $$T = 2\pi\sqrt{LC}\left\{1 + \frac{1}{8}\frac{C}{L}W^2\right\}.$$

Für noch grössere Werthe des Widerstandes bedient man sich wohl am besten der Formel (1) selbst.

In allen diesen Formeln hat man W mit

(7) $$W' = W + \frac{L}{C}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

zu ersetzen, sobald die genannte Leitungsfähigkeit der isolirenden Substanzen der Spulen und Condensatoren sich bemerkbar macht.

Die Zunahme der Oscillationszeit mit dem Widerstande wird experimentell verfolgt. Eine Schwierigkeit zeigt sich hierbei darin, dass für etwas grössere Werthe des Widerstandes die Oscillationszeit T wenig genau bestimmbar ist, zufolge der Dämpfung der Schwingungen, welche jetzt die Anzahl der deutlichen Wellen der Schwingungscurve stark herabdrückt. Andererseits hat die Frage der Zunahme von T mit W ausser dem theoretischen Interesse eine praktische Bedeutung, besonders wenn man die Formeln

(10) $$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}\left(1 - \frac{C}{4L}W^2\right)$$

oder

(11) $$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}\left\{1 - \left(\pi\frac{C}{T}W\right)^2\right\}$$

für die experimentelle Bestimmung von Selbstinduktionscoefficienten von Induktionsspulen mit nicht zu vernachlässigendem Widerstande auszunutzen wünscht.[1])

c) Für grössere Werthe des Widerstandes nimmt das Decrement α stärker zu, als proportional dem Widerstande, in Uebereinstimmung mit der Formel (6)

$$\alpha = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{r}\right)+\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,W-\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,W'. \tag{6}$$

Man hat, wenn das dritte Glied in dem Ausdrucke

$$1+\frac{1}{8}\frac{C}{L}W'^2+\frac{3}{128}\left(\frac{C}{L}W'^2\right)^2+\frac{5}{1024}\left(\frac{C}{L}W'^2\right)^3+\cdots$$

schon zu vernachlässigen ist,

$$\alpha=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,W'\left\{1+\frac{1}{8}\frac{C}{L}W'^2\right\}, \tag{12}$$

ferner für beliebige Widerstände

$$\alpha=\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}\,W'}{\sqrt{1-\frac{C}{4L}W'^2}}. \tag{5}$$

Es soll untersucht werden, ob diese Decrementsformeln für grössere Widerstände mit der Erfahrung übereinstimmen.

Die Unsicherheit bei der Bestimmung von α wird, ebenso wie in Bezug auf T, mit wachsendem Widerstande grösser, weil die Schwingungscurve sich auf eine kleinere und kleinere Anzahl von Wellen beschränkt.

d) Für den Grenzwiderstand, bei welchem die oscillirende Ladung oder Entladung in eine nicht oscillirende übergeht, hat man

$$W'=2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{13}$$

und

$$W=2\sqrt{\frac{L}{C}}-\frac{L}{C}\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{r}\right). \tag{14}$$

Ob diese Formeln mit den Experimenten im Einklang sind, soll näher geprüft werden. Hierbei darf man beachten, dass eine sehr scharfe Bestimmung des Grenzwiderstandes auf experimentellem Wege nicht möglich ist, weil die periodische Form der Schwingungscurven sich mit zunehmenden Widerstande nur allmählich in eine nicht periodische Form verändert.

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I. p. 89.

1. **Versuchsanordnung.** Die Versuchsanordnung war, von einigen kleinen Veränderungen abgesehen, dieselbe wie bei den früheren Untersuchungen des Verfassers über die oscillirende Ladung von Condensatoren [1]), weshalb ihre Beschreibung jetzt möglichst kurz gehalten werden möge. Fig. 64 zeigt schematisch die Anordnung bei der Ladung des Condensators. A ist der feste, B der bewegliche Contact des Pendelunterbrechers, C der Condensator mit den Polen N und M, L die Induktionsspule, E der Accumulator (oder die Accumulatorbatterie), G das Galvanometer mit dem Nebenschluss W_n, D und K sind auf einer Paraffinplatte stehende Näpfchen mit Quecksilber, H bezeichnet ein mit einer Ebonithandhabe versehenes Leitungsstück, welches den Condensatorpol M mit D oder mit K in Verbindung bringt. In der Leitungsbahn $N A M$ befindet sich ein aus dünnem Nickelindraht, mit einem Diameter gleich etwa 0.30 mm, angefertigter induktionsfreier Widerstand, welcher bei allen Versuchen derselbe war, und zwar hatte man für diese Leitungsbahn bei 15° C den Widerstand

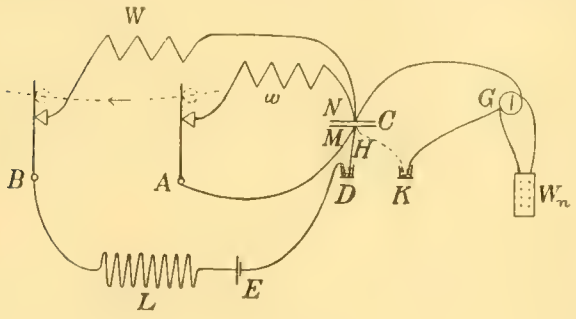


Fig. 64.

$$\omega = 510.3 \text{ Ohm.}$$

In der Leitungsbahn $N B L E D M$ mit dem Widerstande W konnten besonders angefertigte induktionsfreie Widerstände eingefügt werden. Diese Widerstände bestanden aus einer sehr dünnen Nickelinlamelle, mit einer Breite gleich etwa 0.1 mm und Dicke gleich etwa 0.005 mm* und waren zwei, nämlich ein kleinerer Widerstand von 299.0 Ohm, mit fünf ungefähr gleich grossen, genau gemessenen Abtheilungen, und ein grösserer Widerstand von 3391.8 Ohm, mit 21 besonders gemessenen, ungefähr gleich grossen Abtheilungen. Für spätere Zwecke wurde aus derselben Lamelle noch ein Widerstand von der Grösse 288.4 Ohm, in sechs Abtheilungen verfertigt. Ausserdem gab es acht aus dem oben genannten dünnen Nickelindrahte bestehende Widerstände von etwa 875 Ohm jeder, welche aus drei Abtheilungen bestanden und alle genau ausgemessen wurden.

Bei jedem Versuche wird die Verbindung zwischen M und D mittels des Leitungsstückes H zuerst hergestellt. Dabei entsteht in dem Stromkreise $D H M A N B L E$ ein veränderlicher Strom und der Condensator ladet sich. Nach Paar Secunden ist praktisch genommen ein stationärer Zustand eingetreten, mit

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I, p. 22 u. 45 ... 72.

* Diese sehr feine Lamelle hat ung. 8 Ohm Widerstand auf den cm Länge.

folgenden Werthen der Stromstärke und der Condensatorladung (vergl. Art. 1, I des theor. Th.)

$$i_0 = \frac{E}{W+w}, \tag{15}$$

$$C\Pi_0 = \frac{w}{W+w} CE. \tag{16}$$

Jetzt lässt man das Pendel fallen, der Contact A wird heruntergeschlagen und der Condensator ladet sich weiter. Nach einer kurzen, regulirbaren Zeit wird dieser Process abgebrochen, indem der zweite, bewegliche Contact B des Pendelunterbrechers heruntergeschlagen wird. Den Ladungsrest misst man mittels Entladung des Condensators durch das Galvanometer G, indem H von D nach K herübergeschaltet wird.

Man erhält die volle Ladung CE des Condensators, in Scalentheilen ausgedrückt, indem man den Contact A des Pendels herunter lässt und sonst genau so verfährt, wie oben beschrieben wurde. Die ursprüngliche Ladung $C\Pi_0$ wird alsdann durch Multiplikation der vollen Ladung mit $\frac{w}{W+w}$ berechnet.

Die Anordnung bei der Entladung des Condensators unterscheidet sich von der in Fig. 64 veranschaulichten Anordnung bei der Ladung dadurch, dass der Accumulator E sich jetzt in dem Stromkreise MAN befindet. Die Versuche werden in genau derselben Weise wie bei der Ladung ausgeführt. Die Anfangsladung des Condensators beträgt (vergl. Art. 1, I des theor. Th.)

$$C\Pi_0 = \frac{W}{W+w} CE \tag{17}$$

und wird aus der vollen Ladung CE berechnet. Die anfängliche Stromstärke ist

$$i_0 = \frac{E}{W+w}. \tag{18}$$

Man misst CE in Scalentheilen in derselben Weise wie bei den Ladungsversuchen, nur dass jetzt der Contact B offen und der Contact A geschlossen sein muss, wenn das Pendel fällt.

Wie ersichtlich entsprechen die soeben beschriebenen Anordnungen der in den Art. 6, 10 und 14, Abschn. I des theoretischen Theiles betrachteten ersten speciellen Wahl der Anfangsbedingungen. Die Arbeiten des Verf. „Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, II und III“ basiren alle auf Experimenten, bei welchen Anfangsbedingungen von der zweiten speciellen Art (Art. 7, 11 und 15, Abschn. I des theor. Th.) gewählt waren. Der Pendelunterbrecher hatte damals einen beweglichen, abschlagbaren Metallflächencontact, zum Zwecke des Öffnens eines Stromkreises, und einen festen, von einer Quecksilberfläche und einer an einem herunterschlag-

baren Hebelarme befestigten Platinspitze gebildeten Contact zum Zwecke des Schliessens eines Stromkreises [1]). Dieser letztere Contact wurde jetzt durch einen abschlagbaren Metallflächencontact ersetzt, ähnlich dem beweglichen Contacte. Man erzielte hierdurch eine weit genauere Zeitbestimmung und eine grosse Zeitersparniss bei der Arbeit. [2]) Für die Bestimmung eines Curvenpunktes genügte jetzt eine einmalige Beobachtung, während vorher zu demselben Zwecke drei Bestimmungen der Abscisse und sechs Bestimmungen der Ordinate gemacht wurden. Um eine unstatthafte Leitung zwischen den beiden Contacten A und B mittels des dieselben herunterschlagenden Stahlstabes des Pendelunterbrechers zu verhindern, so lange diese Contacte unfern von einander standen, wurden die Enden des Stabes mit Ebonitröhren bekleidet.

Für die Zeitberechnung mittels des Pendelunterbrechers wurde in der im Art. 4, III, Untersuchungen über elektr. Schw. I, ausführlich beschriebenen Weise eine Tabelle construirt. Die Schwingungszeit des Pendels wurde von Zeit zu Zeit controllirt; die grösste Abweichung von dem mittleren Werthe betrug nur 0.8 pro Mille. Kleine Veränderungen der Anfangsamplitude konnten nicht ganz vermieden werden, weil die Anordnung für die Befestigung des Pendels in der höchsten Lage, von wo man es dann fallen lässt, provisorischer Art war.

Gebraucht wurden die beiden Normalcondensatoren des Laboratoriums, mit Glimmer als Dielectricum. [3]) Es standen folgende Combinationen zur Verfügung.

Combination.	Capacität in Mikrof.
C_1	0.2033
C_2	0.5071
C_3	1.0119
C_4	1.5182
C_5	2.0229

Die Induktionsspule war die bei den früheren Untersuchungen des Verfassers angewandte Spule N:o 2 [4]), welche aus drei Abtheilungen bestand. Für drei Combinationen dieser Abtheilungen waren nach einer Methode mit Anwendung von Wechselstrom [5]) folgende Selbstinduktionscoefficienten bestimmt worden.

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, p. 46.

[2]) Schwierigkeiten mit der zuerst beschriebenen Contactanordnung waren auch von einem anderen Beobachter, Herrn R. Malmström bemerkt worden.

[3]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, p. 65...70.

[4]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen, I p. 56.

[5]) Ebenda, p. 58.

Combinationen.	Selbstinduktionscoefficient in Henry.
L_1	0.08875
L_2	0.1926
L_4	0.5933

Für das benutzte Deprez-d'Arsonval Galvanometer wurden bei jedem gebrauchten Nebenschluss die Correctionen der Galvanometerausschläge möglichst genau ermittelt, und zwar nach beiden Seiten, wonach alles auf die eine mehr angewandte oder + Seite bezogen wurde. Die grössten vorkommenden Ausschläge betrugen etwa 250 Scalentheile (mm), der Abstand zwischen Galvanometerspiegel und Scala mass 2048 mm.

4. **Die Berechnung der Schwingungszeit und des Decrementes für eine Ladungscurve.** Es soll zunächst an einer schwach gedämpften Curve für oscillirende Ladung gezeigt werden, wie das Decrement und die Oscillationszeit berechnet worden sind. Mit den Strombahnconstanten

$E = 1$ Acc.
$L = 0.5933$ Henry.
$C = 2.0229$ Mikrof.
$W = 3.55$ Ohm.
$(w = 511.0$ Ohm)

wurden folgende in Scalentheilen ausgedrückte Maxima und Minima „M beob." erhalten. Die Tabelle enthält ausserdem die aus den „M beob." mittels einer graphischen Methode [1]) entnommenen verbesserten Ladungsextreme „M verb.", welche auch den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt sind.

Ladungsextreme.

Maxima				Minima			
N:o	M beob.	M verb	Diff.	N:o	M beob.	M verb.	Diff.
1	202.94	202.86	7.89	2	1.80	1.80	7.76
3	194.86	194.97	7.47	4	9.52	9.56	7.04
5	187.78	187.50	7.01	6	16.80	16.60	6.54
7	180.71	180.49	6.39	8	23.14	23.14	6.05
9	174.12	174.10	5.82	10	29.14	29.19	5.64
11	167.93	168.28	5.31	12	34.79	34.83	5.21

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen, III, p. 11.

Maxima				Minima			
N:o	M beob.	M verb.	Diff.	N:o	M beob.	M verb.	Diff.
13	162.91	162.97	4.92	14	40.12	40.04	4.80
15	157.88	158.05	4.59	16	44.98	44.84	4.39
17	153.46	153.46	4.20	18	50.21	49.23	4.01
19	149.44	149.26	3.94	20	53.25	53.24	3.68
21	145.62	145.32	3.60	22	57.24	56.92	3.37
23	141.75	141.72	3.32	24	60.29	60.29	3.11
25	138.06	138.40	3.04	26	63.50	63.40	2.93
27	135.51	135.36	2.78	28	66.63	66.33	2.64
29	132.66	132.58	2.56	30	69.05	68.97	2.45
31	129.79	130.02	2.36	32	71.43	71.42	2.23
33	127.58	127.66	2.18	34	73.65	73.65	2.08
35	125.57	125.48	2.04	36	75.73	75.73	1.97
37	123.46	123.44	1.86	38	77.74	77.70	1.85
39	121.55	121.58	1.70	40	79.55	79.55	1.65
41	119.75	119.88	1.54	42	81.35	81.20	1.51
43	118.54	118.34	1.39	44	82.52	82.71	1.37
45	117.03	116.95	1.25	46	84.17	84.08	1.21
47	115.52	115.70	1.14	48	85.27	85.29	1.13
49	114.55	114.56	1.04	50	86.58	86.42	1.03
51	113.41	113.52	1.02	52	87.52	87.45	0.95
53	112.51	112.50	0.93	54	88.32	88.40	0.98
55	111.57	111.57	0.95	56	89.39	89.38	1.05
57	110.60	110.62	1.14	58	90.43	90.43	
59	109.48	109.48					

Ursprüngliche Ladung: 99.45
Volle Ladung: 100.15

Die Werthe „M verb.“ unterscheiden sich sehr wenig von den Werthen „M beob.“ Dasselbe ist auch bei den übrigen Schwingungscurven der Fall. Für Curven mit stärkerer Dämpfung ist die Methode des graphischen Verbesserns nicht mehr effektiv, weshalb man dann die ursprünglichen Werthe der Extreme benutzt.

Aus den verbesserten Extremen berechnet man jetzt eine „Achse“ der Schwingungscurve. Indem die Welle $n-1 \cdots n+1$ als regelmässig gedämpft betrachtet wird, erhält man folgende zu M_n gehörende „normale Ladung“, um welche die Schwingung erfolgt [1])

[1]) A. F. Sundell. Ueber das Decrement elektrischer Schwingungen bei der Ladung von Condensatoren. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIV. N:o 11. p. 7.

(19)
$$Q_n = \frac{M_{n-1} M_{n+1} - M_n^2}{M_{n-1} + M_{n+1} - 2M_n} = M_{n-1} - \frac{(M_{n-1} - M_n)^2}{(M_{n-1} - M_n) + (M_{n+1} - M_n)}. \qquad (n = 2, 3, 4 \cdots)$$

Sämmtliche Werthe Q_n bilden die Achse der Curve. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Tabelle giebt ferner die Werthe des Decrementes

(20)
$$\gamma = \log \text{vulg}\, k = \alpha \log \text{vulg}\, e = M\alpha$$

für jede Halboscillation, nach der Formel

(21)
$$\gamma_{n+\frac{1}{2}} = \log \frac{M_{n+1} - \frac{1}{2}(Q_n + Q_{n+1})}{\frac{1}{2}(Q_n + Q_{n+1}) - M_n}$$

berechnet sowie die Mittel I und Mittel II dieser Decremente. Die Mittel II hängen von je vier Extremen ab.

N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II	N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II
1		0.01737			24	100.16	0.01791	0.01786	0.01787
2	100.32	0.01809	0.01773	0.01773	25	100.14	0.01784	0.01788	0.01793
3	100.36	0.01734	0.01772	0.01729	26	100.12	0.01811	0.01798	0.01795
4	100.36	0.01638	0.01686	0.01732	27	100.13	0.01774	0.01793	0.01783
5	100.33	0.01918	0.01778	0.01788	28	100.14	0.01771	0.01773	0.01770
6	100.26	0.01678	0.01798	0.01794	29	100.13	0.01761	0.01766	0.01768
7	100.21	0.01902	0.01790	0.01814	30	100.12	0.01779	0.01770	0.01774
8	100.18	0.01772	0.01837	0.01810	31	100.12	0.01779	0.01779	0.01783
9	100.16	0.01793	0.01783	0.01788	32	100.12	0.01792	0.01786	0.01779
10	100.16	0.01793	0.01793	0.01789	33	100.11	0.01753	0.01773	0.01774
11	100.18	0.01777	0.01785	0.01794	34	100.10	0.01794	0.01774	0.01785
12	100.20	0.01831	0.01804	0.01796	35	100.10	0.01798	0.01796	0.01808
13	100.23	0.01746	0.01789	0.01811	36	100.08	0.01839	0.01819	0.01816
14	100.25	0.01917	0.01832	0.01790	37	100.09	0.01785	0.01812	0.01817
15	100.27	0.01676	0.01747	0.01745	38	100.10	0.01861	0.01823	0.01837
16	100.27	0.01807	0.01742	0.01763	39	100.11	0.01840	0.01851	0.01843
17	100.29	0.01759	0.01783	0.01741	40	100.13	0.01831	0.01835	0.01813
18	100.28	0.01639	0.01699	0.01747	41	100.14	0.01752	0.01792	0.01791
19	100.27	0.01951	0.01795	0.01834	42	100.15	0.01825	0.01789	0.01784
20	100.24	0.01793	0.01872	0.01832	43	100.16	0.01731	0.01778	0.01766
21	100.22	0.01788	0.01791	0.01788	44	100.17	0.01776	0.01754	0.01750
22	100.20	0.01783	0.01785	0.01784	45	100.18	0.01717	0.01747	0.01729
23	100.18	0.01781	0.01782	0.01784	46	100.20	0.01704	0.01711	0.01703

N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II	N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II
47	100.20		0.01694		54	100.21		0.01748	
		0.01685		0.01692			0.01837		0.01852
48	100.20		0.01689		55	100.24		0.01956	
		0.01692		0.01684			0.02075		0.01927
49	100.21		0.01680		56	100.18		0.01897	
		0.01667		0.01674			0.01718		0.02077
50	100.23		0.01667		57	100.24		0.02258	
		0.01667		0.01625			0.02798		0.02296
51	100.23		0.01583		58	100.16		0.02333	
		0.01499		0.01661			0.01869		
52	100.29		0.01738		59				
		0.01977		0.01778					
53	100.22		0.01818						
		0.01658		0.01783					

Der Tabelle nach bleibt die normale Ladung Q fast vollständig constant der ganzen Schwingungscurve entlang. Wenigstens zeigt sie keine ausgeprägte, durchgehende Tendenz zum Fallen oder zum Steigen. *Somit ist die Achse der Schwingungscurve eine gerade Linie, parallel zur Achse der Abscissen.* Das Mittel sämmtlicher Q-Werthe beträgt 100.19 und ist also fast genau gleich der vollen Ladung 100.15. Hieraus folgt ferner, *dass die Capacität des Condensators, welche beim Anfang und am Ende der Ladung ihren vollen Werth hat, auch während der Schwingungen wenigstens sehr nahe diesen vollen Werth beibehält.* Keine Correctur der Werthe des Decrementes und der Oscillationszeit wegen einer Abweichung der Capacität von dem vollen Werthe oder ihrer Veränderungen während der Schwingungen ist jetzt erforderlich, im Gegensatz zu dem in „Untersuchungen über elektrische Schwingungen" behandelten Falle mit Anfangsbedingungen von der zweiten speciellen Art (siehe Art. 15, I des theor. Th. oben), wobei die Veränderlichkeit der Capacität des Condensators einen nicht unwesentlichen Einfluss besonders auf die Berechnung des Decrementes ausübt. Zum Beweise dafür, dass mit der jetzt gewählten Anordnung die Veränderungen der Capacität keine merkbare Rolle spielen, wird im Art. 6 unten ein umfassenderes Material zusammengestellt.

Gute, von vier Extremen abhängende Werthe des Decrementes bekommt man auch nach der Formel [1])

$$k_{n+\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{M_{n-1} - M_n}{M_{n+1} - M_{n+2}}}, \tag{22}$$

welche sich ebenfalls für die Anordnung der Berechnung des resultirenden Decrements in einer sehr compendiösen Weise ereignet [2]). Es wurde jedoch hier die oben beschriebene, etwas umständlichere Methode der Berechnung der Decremente der einzelnen Halboscillationen vorgezogen, um auch die Curvenachse zu erhalten und

[1]) Sundell, a. a. O. p. 11.

[2]) Sundell, p. 14.

besonders weil sie für weiter unten zu behandelnde stark gedämpfte Schwingungscurven mit sehr wenigen deutlichen Wellen besser geeignet ist.

Aus den Mitteln II berechnet man das resultirende Decrement, indem man die Summe aller 56 Decremente, die Summe 54 γ aller Decremente mit Ausnahme des ersten und des letzten, die Summe 52 γ aller Decremente mit Ausnahme der zwei ersten und der zwei letzten u. s. w. bildet und dann das Mittel nimmt. Man findet in dieser Weise folgenden Werth

$$\gamma = 0.01782 \pm 1.0\,,$$

wobei der wahrscheinliche Fehler mit Anwendung der Multipelfactoren als Gewichte berechnet wurde.

Zur Ermittelung der Oscillationszeit T bestimmt man graphisch durch Construction in genügend grosser Scala die Schnittpunkte der Schwingungscurve mit ihrer Achse, und combinirt dann den ersten Schnittpunkt mit dem letzten, den zweiten mit dem vorletzten u. s. w., wonach man aus den so erhaltenen Multipelsummen den mittleren Werth T nimmt. Dieser Process wird bei Curven mit einer relativ grossen Anzahl von Wellen nur für die eine Hälfte der Schnittpunkte, in der gegenseitigen Entfernung T, ausgeführt, für Curven mit wenigen Wellen dagegen für sämmtliche, in dem Abstande $\frac{T}{2}$ von einander gelegene Schnittpunkte. Für die obige Curve, deren Coordinatenwerthe in der Tabelle I A a (q) zusammengestellt sind, ergeben sich folgende Schnittpunkte; in Millisec, und von dem Nullpunkte des Pendelunterbrechers gerechnet.

N:o	Abscisse.	N:o	Abscisse.	N:o	Abscisse.
$\frac{1}{2}$	19.204	$20\frac{1}{2}$	87.907	$40\frac{1}{2}$	157.145
$2\frac{1}{2}$	26.134	$22\frac{1}{2}$	94.844	$42\frac{1}{2}$	164.038
$4\frac{1}{2}$	33.053	$24\frac{1}{2}$	101.724	$44\frac{1}{2}$	170.860
$6\frac{1}{2}$	39.889	$26\frac{1}{2}$	108.578	$46\frac{1}{2}$	178.005
$8\frac{1}{2}$	46.807	$28\frac{1}{2}$	115.476	$48\frac{1}{2}$	184.877
$10\frac{1}{2}$	53.559	$30\frac{1}{2}$	122.390	$50\frac{1}{2}$	191.706
$12\frac{1}{2}$	60.334	$32\frac{1}{2}$	129.256	$52\frac{1}{2}$	198.738
$14\frac{1}{2}$	67.345	$34\frac{1}{2}$	136.282	$54\frac{1}{2}$	205.756
$16\frac{1}{2}$	74.161	$36\frac{1}{2}$	143.160	$56\frac{1}{2}$	212.674
$18\frac{1}{2}$	81.022	$38\frac{1}{2}$	150.158	$58\frac{1}{2}$	219.646

Hieraus berechnet sich

$$
\begin{aligned}
29\,T &= 200.442\\
27\,T &= 186.540\\
25\,T &= 172.703\\
23\,T &= 158.849\\
21\,T &= 144.899\\
19\,T &= 131.318\\
17\,T &= 117.671\\
15\,T &= 103.515\\
13\,T &= 89.877\\
11\,T &= 76.123\\
9\,T &= 62.251\\
7\,T &= 48.316\\
5\,T &= 34.558\\
3\,T &= 20.678\\
T &= 6.914\\
\hline
225\,T &= 1554.654
\end{aligned}
$$

und

$$T = 6.910 \pm 1.3 \text{ Millisec.}$$

5. **Berechnung der Schwingungszeit und des Decrementes für eine Entladungscurve.** Für eine der im Art. 4 behandelten Ladungscurve entsprechende Entladungscurve waren die Strombahnconstanten:

$$
\begin{aligned}
L &= 0.5933 \text{ Henry},\\
C &= 2.0229 \text{ Mikrof.},\\
W &= 3.56 \text{ Ohm},\\
(w &= 511.1 \text{ Ohm}),\\
(E &= 1 \text{ Acc.}).
\end{aligned}
$$

Die beobachteten und die verbesserten Ladungsextreme sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, wobei die Einheit ein Scalentheil ist, und sowohl positive als negative Werthe erscheinen, dem Scalenbereiche nach beiden Seiten von der Mitte entsprechend.

Entladungsextreme.

Minima.				Maxima.			
N:o	M beob.	M verb.	Diff.	N:o	M beob.	M verb.	Diff.
1	− 204.71	− 204.71	16.49	2	196.63	196.63	15.12
3	− 188.73	− 188.22	14.68	4	182.37	181.51	14.16

N:o 1.

Minima.				Maxima.			
N:o	*M* beob.	*M* verb.	Diff.	N:o	*M* beob.	*M* verb.	Diff.
5	−173.47	−173.54	13.57	6	167.44	167.35	13.18
7	−159.85	−159.97	12.58	8	154.18	154.17	12.05
9	−147.63	−147.39	11.72	10	142.03	142.12	11.11
11	−135.83	−135.67	10.67	12	131.05	131.01	10.21
13	−124.98	−125.00	9.85	14	120.90	120.80	9.53
15	−114.97	−115.15	9.14	16	111.13	111.27	8.67
17	−106.07	−106.01	8.51	18	102.60	102.60	8.01
19	− 97.73	− 97.50	7.87	20	94.61	94.59	7.50
21	− 89.78	− 89.63	7.29	22	86.78	87.09	6.93
23	− 82.25	− 82.34	6.65	24	79.98	80.16	6.42
25	− 76.31	− 75.69	6.08	26	73.88	73.74	5.84
27	− 69.57	− 69.61	5.54	28	67.94	67.90	5.38
29	− 64.23	− 64.07	5.07	30	62.57	62.52	4.94
31	− 59.18	− 59.00	4.61	32	57.50	57.58	4.56
33	− 54.24	− 54.39	4.27	34	53.02	53.02	4.16
35	− 50.13	− 50.12	3.96	36	48.89	48.86	3.87
37	− 46.09	− 46.16	3.71	38	44.90	44.99	3.57
39	− 42.58	− 42.45	3.40	40	41.42	41.42	3.26
41	− 39.03	− 39.05	3.15	42	38.16	38.16	3.02
43	− 36.11	− 35.90	2.85	44	35.14	35.14	2.72
45	− 33.01	− 33.05	2.57	46	32.40	32.42	2.48
47	− 30.16	− 30.48	2.33	48	30.21	29.94	2.30
49	− 28.15	− 28.15	2.07	50	27.39	27.64	2.22
51	− 26.01	− 26.08	2.05	52	25.45	25.42	2.06
53	− 24.03	− 24.03	2.01	54	23.36	23.36	1.90
55	− 22.02	− 22.02	1.94	56	21.42	21.46	1.69
57	− 20.08	− 20.08	1.78	58	20.14	19.77	
59	− 18.30	− 18.30					

Volle Ladung: 200.67
Ursprüngliche Ladung: 1.38

Mittels der Formeln (19) und (21) bestimmt man jetzt die Achse der Schwingungscurve und die Decremente der einzelnen Halboscillationen. Die folgende Tabelle enthält diese Resultate:

N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II	N:o	Q	γ	Mittel I	Mittel II
1		0.01823			31	0.50	0.01788	0.01788	
2	0.17	0.01781	0.01802	0.01783	32	0.47	0.01776	0.01782	0.01785
3	0.34	0.01750	0.01765	0.01761	33	0.43	0.01787	0.01781	0.01781
4	0.39	0.01764	0.01757	0.01761	34	0.40	0.01769	0.01778	0.01780
5	0.37	0.01766	0.01765	0.01767	35	0.39	0.01791	0.01780	0.01779
6	0.37	0.01774	0.01770	0.01776	36	0.38	0.01792	0.01791	0.01785
7	0.32	0.01780	0.01777	0.01776	37	0.36	0.01801	0.01797	0.01794
8	0.32	0.01769	0.01775	0.01776	38	0.36	0.01808	0.01804	0.01801
9	0.32	0.01785	0.01777	0.01780	39	0.36	0.01813	0.01811	0.01807
10	0.36	0.01779	0.01782	0.01786	40	0.35	0.01802	0.01808	0.01810
11	0.40	0.01779	0.01779	0.01776	41	0.35	0.01812	0.01807	0.01807
12	0.39	0.01767	0.01773	0.01772	42	0.36	0.01806	0.01809	0.01808
13	0.40	0.01774	0.01771	0.01766	43	0.36	0.01810	0.01808	0.01808
14	0.41	0.01748	0.01761	0.01774	44	0.35	0.01770	0.01790	0.01799
15	0.39	0.01826	0.01787	0.01793	45	0.35	0.01765	0.01768	0.01779
16	0.39	0.01775	0.01800	0.01791	46	0.34	0.01740	0.01752	0.01760
17	0.42	0.01786	0.01781	0.01784	47	0.34	0.01725	0.01733	0.01743
18	0.47	0.01789	0.01788	0.01790	48	0.32	0.01720	0.01722	0.01727
19	0.51	0.01796	0.01792	0.01795	49	0.31	0.01697	0.01708	0.01715
20	0.56	0.01801	0.01798	0.01804	50	0.27	0.01746	0.01722	0.01715
21	0.57	0.01818	0.01810	0.01815	51	0.21	0.01788	0.01767	0.01745
22	0.59	0.01821	0.01820	0.01820	52	0.19	0.01810	0.01799	0.01783
23	0.61	0.01818	0.01819	0.01819	53	0.17	0.01888	0.01849	0.01824
24	0.60	0.01822	0.01820	0.01820	54	0.18	0.01838	0.01863	0.01856
25	0.59	0.01820	0.01821	0.01816	55	0.19	0.01958	0.01898	0.01880
26	0.58	0.01799	0.01810	0.01805	56	0.22	0.01883	0.01920	0.01909
27	0.57	0.01800	0.01800	0.01799	57	0.26	0.01809	0.01846	0.01883
28	0.56	0.01797	0.01798	0.01796	58	0.25	0.02214	0.02012	0.01929
29	0.54	0.01791	0.01794	0.01792	59				
30	0.52	0.01787	0.01789	0.01788					

Wie die Werthe von Q zeigen, ist die Achse der Entladungscurve sehr nahe eine gerade Linie. Die Werthe von Q sind sehr klein, etwa 2 pro Mille der vollen Ladung, und nehmen weder beständig zu, noch beständig ab. Sehr bemerkenswerth ist es aber, dass die Achse der Entladungscurve nicht mit der Achse der Abscissen zusammenfällt, sondern in einer sehr kleinen Distanz davon, auf der positiven Seite liegt. Dieselbe Erscheinung tritt auch bei den übrigen Entladungscurven hervor, wie aus einer Zusammenstellung im Art. 6 unten näher hervorgeht. Es ist schwierig bestimmt zu sagen, was die Ursache hierzu sein mag. Mit wachsendem Wider-

stande des Stromkreises scheint der Abstand zwischen der Nullachse und der Curvenachse sich ein wenig zu vergrössern, wie im Art. 6 gezeigt werden soll.

Aus den Mitteln II der γ-Werthe folgt nach der auf pag. 524 dargelegten Berechnungsweise das Decrement der Entladungsschwingungen

$$\gamma = 0.01792 \pm 0.6\,.$$

Die Schwingungszeit berechnet man nach der auf pag. 524 erklärten Methode underhält dabei für die Schnittpunkte der Entladungscurve mit ihrer Achse die folgenden in Millisec. ausgedrückten Abscissen:

N:o	Abscisse	N:o	Abscisse	N:o	Abscisse
$\frac{1}{2}$	19.106	$20\frac{1}{2}$	87.716	$40\frac{1}{2}$	157.010
$2\frac{1}{2}$	26.049	$22\frac{1}{2}$	94.579	$42\frac{1}{2}$	163.902
$4\frac{1}{2}$	32.897	$24\frac{1}{2}$	101.519	$44\frac{1}{2}$	170.825
$6\frac{1}{2}$	39.754	$26\frac{1}{2}$	108.481	$46\frac{1}{2}$	177.693
$8\frac{1}{2}$	46.683	$28\frac{1}{2}$	115.260	$48\frac{1}{2}$	184.589
$10\frac{1}{2}$	53.482	$30\frac{1}{2}$	122.291	$50\frac{1}{2}$	191.597
$12\frac{1}{2}$	60.283	$32\frac{1}{2}$	129.210	$52\frac{1}{2}$	198.670
$14\frac{1}{2}$	67.140	$34\frac{1}{2}$	136.211	$54\frac{1}{2}$	205.605
$16\frac{1}{2}$	73.977	$36\frac{1}{2}$	143.011	$56\frac{1}{2}$	212.564
$18\frac{1}{2}$	80.919	$38\frac{1}{2}$	149.936	$58\frac{1}{2}$	219.512

ferner folgende Multipeln von T

$$\begin{aligned}
29\,T &= 200.406\\
27\,T &= 186.515\\
25\,T &= 172.708\\
23\,T &= 158.916\\
21\,T &= 144.914\\
19\,T &= 131.107\\
17\,T &= 117.410\\
15\,T &= 103.685\\
13\,T &= 89.925\\
11\,T &= 76.091\\
9\,T &= 62.220\\
7\,T &= 48.432\\
5\,T &= 34.692\\
3\,T &= 20.729\\
T &= 7.031\\
\hline
225\,T &= 1554.781
\end{aligned}$$

und

$$T = 6.910 \pm 1.9 \text{ Millisec.}$$

Der gefundene Werth stimmt vollkommen mit dem der Ladungscurve angehörenden Werthe der Oscillationszeit überein. Auch die Werthe der Decremente bei der Ladung und bei der Entladung sind sehr nahe gleich gross. Mehr Material zum Nachweise dieser von der Theorie geforderten Uebereinstimmung wird im Art. 7 unten gebracht.

Für die in den Momenten b), c) und d) des Art. 2 angegebenen Untersuchungen kann man somit Ladungs- oder Entladungscurven wählen. In der That wurden hierbei experimentell aufgenommene Entladungscurven zu Grunde gelegt. Die Entladungscurven besitzen den Vortheil, dass man durch Vergrösserung des Nebenschlusswiderstandes am Galvanometer und der elektromotorischen Kraft E die Ordinaten der Curve in einem bestimmten Maasstabe vergrössern kann, von einer gewissen Stelle der Curven an gerechnet, weil ja die Schwingungen um eine sehr nahe zu Null gelegene Achse erfolgen. In dieser Weise wird eine etwas bessere Bestimmung z. B. der Uebergangsgrenze zwischen dem periodischen und dem aperiodischen Vorgange ermöglicht, als mit Anwendung von Ladungscurven, wobei eine solche Vergrösserung sofort die Curvenachse aus dem Bereiche der zulässigen Galvanometerausschläge herausbringt.

6. **Die Achsen der Schwingungscurven.** Ausser den in den Art. 4 und 5 behandelten Ladungs- und Entladungscurven mit kleinem Widerstande des Stromkreises wurden noch vier ähnliche Paare von zusammengehörenden Ladungs- und Entladungscurven aufgenommen. Die Coordinaten der Curvenpunkte sind in den Tabellen I A b, A c, A d und A e, die Werthe der Extreme in den unmittelbar nach den Coordinatentabellen folgenden Tabellen enthalten. Die Constanten des Stromkreises waren bei diesen Curven folgende:

Ladungscurven.

Bezeichn. der Curve.	L in Henry	C in Mikrof.	W in Ohm	E in Anzahl Acc.	w in Ohm
$C_3 L_4$	0.5933	1.0119	3.57	1	511.2
$C_2 L_4$	0.5933	0.5071	3.58	1	511.2
$C_5 L_2$	0.1926	2.0229	2.17	1	511.5
$C_5 L_1$	0.08875	2.0229	1.59	1	511.2

Entladungscurven.

Bezeichn. der Curve	L in Henry	C in Mikrof	W in Ohm	(E) in Anzahl Acc.	w in Ohm
$C_3 L_4$ N:o 1	0.5933	1.0119	3.56	1	511.1
$C_2 L_4$ N:o 1	0.5933	0.5071	5.59	1	511.3
$C_5 L_2$ N:o 1	0.1926	2.0229	2.16	1	511.3
$C_5 L_1$ N:o 1	0.08875	2.0229	1.59	1	511.2

Für die Punkte der Curvenachsen ergab sich folgende Zusammenstellung:

	Ladungscurven.				Entladungscurven.			
N:o	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$	$C_3 L_4$ N:o 1	$C_2 L_4$ N:o 1	$C_5 L_2$ N:o 1	$C_5 L_1$ N:o 1
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	98.16	73.37	102.18	101.91	0.17	0.20	0.32	0.06
3	98.07	73.46	102.01	102.06	0.12	0.00	0.17	0.07
4	98.01	73.50	101.96	102.12	0.17	− 0.02	0.10	0.06
5	98.00	73.50	101.98	102.02	0.13	− 0.01	0.10	0.12
6	98.08	73.56	102.02	101.93	0.07	0.02	0.14	0.21
7	98.14	73.22	102.06	101.85	0.02	0.09	0.22	0.28
8	98.18	73.20	102.07	101.77	0.03	0.10	0.24	0.31
9	98.19	73.23	102.06	101.73	0.02	0.10	0.26	0.33
10	98.19	73.28	102.04	101.71	0.11	0.11	0.22	0.32
11	98.13	73.26	102.03	101.71	0.15	0.17	0.18	0.38
12	98.14	73.27	102.02	101.74	0.19	0.26	0.16	0.34
13	98.14	73.30	102.01	101.76	0.24	0.28	0.16	0.41
14	98.12	73.30	102.01	101.79	0.29	0.23	0.18	0.39
15	98.11	73.31	102.01	101.82	0.35	0.15	0.17	0.42
16	98.08	73.34	102.01	101.83	0.35	0.11	0.19	0.40
17	98.06	73.37	102.00	101.85	0.34	0.08	0.19	0.35
18	98.05	73.39	102.00	101.89	0.33	0.08	0.18	0.30
19	98.04	73.41	102.00	101.92	0.29	0.11	0.18	0.25
20	98.05	73.40	102.01	101.95	0.27	0.16	0.19	0.22
21	98.03	73.39	102.02	101.97	0.26	0.15	0.19	0.23
22	98.05	73.41	102.03	101.96	0.23	0.11	0.26	0.23
23	98.08	73.39	102.04	101.94	0.18	0.09	0.26	0.27
24	98.13	73.39	102.05	101.89	0.16	0.04	0.27	0.27
25	98.16	73.39	102.05	101.83	0.14	0.11	0.27	0.26
26	98.17	73.40	102.05	101.76	0.14	0.14	0.29	0.30

	Ladungscurven.				Entladungscurven.			
N:o	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$	$C_3 L_4$ N:o 1	$C_2 L_4$ N:o 1	$C_5 L_2$ N:o 1	$C_5 L_1$ N:o 1
27	98.18	73.37	102.03	—	0.14	0.16	0.30	0.26
28	98.20	73.36	102.02	—	0.15	0.20	0.28	—
29	98.22	73.40	102.02	—	0.16	0.19	0.25	—
30	98.19	73.42	102.03	—	0.16	0.21	0.20	—
31	98.17	73.43	102.02	—	0.18	0.23	0.17	—
32	98.17	73.42	101.98	—	0.17	0.24	0.15	—
33	98.16	73.42	101.96	—	0.15	0.28	0.15	—
34	98.16	73.40	101.95	—	0.14	0.28	0.18	—
35	98.16	73.39	101.94	—	0.15	0.24	0.18	—
36	98.16	73.36	101.92	—	0.19	0.21	0.21	—
37	98.15	73.34	101.91	—	0.21	0.19	0.25	—
38	98.15	73.36	101.90	—	0.23	0.17	0.28	
39	98.14	73.37	101.90	—	0.22	0.17	0.31	—
40	98.12	73.39	101.92	—	0.23	0.19	0.33	—
41	98.07	73.42	101.95	—	0.22	0.19	0.35	—
42	98.03	73.44	101.99	—	0.19	0.19	0.36	—
43	97.98	73.47	102.04	—	0.20	0.19	0.35	
44	97.96	73.49	102.11	—	0.19	0.18	0.36	—
45	97.93	73.50	102.18	—	0.18	0.17	0.32	—
46	97.93	73.49	—	—	0.21	0.17	—	
47	97.94	73.49	—	—	0.25	0.20	—	—
48	97.95	73.49	—	—	0.33	0.19	—	—
49	97.98	—	—	—	0.40	—	—	—
50	98.01	—	—	—	0.44	—	—	—
51	98.03	—	—	—	0.46	—	—	—
52	98.07	—	—	—	0.45	—	—	—
53	98.10	—	—	—	0.40	—	—	
54	98.11	—	—	—	0.37	—	—	—
55	98.13	—	—	—	0.35	—	—	
56	98.12	—	—	—	0.31	—	—	—
57								

Die Werthe der vollen und der ursprünglichen Ladung des Condensators sowie der mittlere Werth der oben gegebenen Ordinaten der Punkte der Curvenachse sind wie folgt:

N:o 1.

Ladungscurven.					Entladungscurven.			
Curve	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$	$C_3 L_4$ N:o 1	$C_2 L_4$ N:o 1	$C_5 L_2$ N:o 1	$C_5 L_1$ N:o 1
Volle Ladung	98.13	73.51	101.93	101.71	156.75	99.49	196.61	196.53
Ursprüngl. Ladung	97.44	73.00	101.49	101.39	1.08	0.69	0.83	0.61
Curvenachse	98.10	73.39	102.01	101.87	0.23	0.15	0.23	0.28

Wie hieraus hervorgeht, fällt die Achse der Ladungscurven fast vollständig mit der Geraden zusammen, welche die volle Ladung angiebt, und liegt die Achse der Entladungscurven sehr nahe der Achse der Abscissen.

Es mögen hier noch die Curvenachsen für eine Reihe von Entladungscurven angeführt werden, welche alle für dieselbe Combination $C_3 L_4$ der Capacität und des Selbstinduktionscoefficienten, aber für verschiedene, nicht mehr sehr kleine Widerstände des Stromkreises aufgenommen worden sind. Die Strombahnconstanten dieser Curven waren:

$L = 0.5933$ Henry.		$C = 1.0119$ Mikrof.		$E = 1$ Acc.		
Curve	$C_3 L_4$ N:o 2	$C_3 L_4$ N:o 3	$C_3 L_4$ N:o 4	$C_3 L_4$ N:o 5	$C_3 L_4$ N:o 6	$C_3 L_4$ N:o 7
W in Ohm	67.07	184.49	303.27	490.59	650.09	812.56
w in Ohm	511.2	511.2	511.4	511.4	511.1	511.2
Volle Ladung	198.13	198.13	198.20	198.31	198.14	197.94
Ursprüngl. Ladung	22.98	52.54	73.78	97.09	110.92	121.50

Für die Achsen wurde erhalten:

N:o	$C_3 L_4$ N:o 2	$C_3 L_4$ N:o 3	$C_3 L_4$ N:o 4	$C_3 L_4$ N:o 5	$C_3 L_4$ N:o 6	$C_3 L_4$ N:o 7
0	—	—	—	—	—	—
1	0.11	0.77	0.78	1.02	1.22	1.30
2	0.25	0.74	0.98	1.03	1.30	—
3	0.41	0.72	1.05	1.03	1.21	
4	0.52	0.69	1.02	1.06	—	-
5	0.54	0.68	0.99	—	—	-
6	0.47	0.62	0.97	—	—	
7	0.59	0.60	0.78	—	—	
8	0.67	0.59	—	—	—	-
9	0.69	0.52	—	—	—	—
10	0.69	0.49	—	—	—	—
11	0.65	0.60	—	—	—	—
12	0.61	—	—	—	—	-
13	0.59	—	—	—	—	-
14	0.58	—	—	—	—	—
15	0.55	—	—	—	—	—
16	0.50	—	—	—	—	—
17	0.45	—	—	—	—	—
18	0.42	—	—	—	-	
19	0.42	—	—	—	-	
20	0.46	—	—	—	—	—
21	0.44	—	—	—	—	—
22	0.47	—	—	—	—	—
23	0.25	—	—	—		
24	—	—	—	—		
Mittel	0.49	0.64	0.94	1.04	1.24	1.30

Die Tabelle zeigt, dass die Achse der Entladungscurven sich mit wachsendem Widerstande schwach nach oben verschiebt.

7. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungs- und Entladungscurven, bei kleinem Widerstande.** Es sollen jetzt die Werthe der Oscillationszeit und des Decrementes von acht paarweise zusammengehörenden Ladungs- und Entladungscurven gegeben werden, bei welchen der Widerstand des Stromkreises relativ klein war. Diese Werthe sind nach den in den Art. 4 und 5 dargestellten Methoden berechnet. Der Vollständigkeit wegen mögen noch auch die Resultate für die dort behandelten beiden Curven wiederholt werden. Die Coordi-

naten der Curvenpunkte, sowie die Werthe der Extreme der jetzt zu betrachtenden Curven sind in den Tabellen I A a, A b, A c, A d und A e enthalten.

$E=1$ Acc.	Ladungscurven.				
Curve	C_5L_4	C_3L_4	C_2L_4	C_5L_2	C_5L_1
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.1926	0.08875
C in Mikrof.	2.0229	1.0119	0.5071	2.0229	2.0229
W in Ohm	3.55	3.57	3.58	2.17	1.59
w in Ohm	511.0	511.2	511.2	511.5	511.2
Oscillationszeit T in Millisec.	6.910 ± 1.3	4.863 ± 1.3	3.433 ± 1.8	3.919 ± 1.8	2.675 ± 1.6
Decrement γ	0.01782 ± 1.0	0.02168 ± 0.9	0.02810 ± 1.0	0.02437 ± 1.0	0.04404 ± 0.8

$E=1$ Acc.	Entladungscurven.				
Curve	C_5L_4	C_3L_4	C_2L_4	C_5L_2	C_5L_1
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.1926	0.08875
C in Mikrof.	2.0229	1.0119	0.5071	2.0229	2.0229
W in Ohm	3.56	3.56	3.59	2.16	1.59
w in Ohm	511.1	511.1	511.3	511.3	511.2
Oscillationszeit T in Millisec.	6.910 ± 1.9	4.865 ± 1.2	3.436 ± 1.8	3.915 ± 1.4	2.667 ± 2.4
Decrement γ	0.01792 ± 0.6	0.02174 ± 0.7	0.02815 ± 1.4	0.02443 ± 1.2	0.04374 ± 4.2

Wie die Zahlen für T zeigen, stimmen die Oscillationszeiten einer Ladungscurve und der entsprechenden Entladungscurve sehr gut mit einander überein, indem der grösste Unterschied (bei den Curven C_5L_1) nur 3 pro Mille beträgt. Auch die

Werthe der zusammengehörenden Decremente sind nahezu gleich gross. Sieht man nämlich von den Curven $C_5 L_1$ ab, wo das Decrement der Entladungscurve bedeutend unsicherer als die übrigen Decremente ausgefallen ist, so beträgt der Unterschied im Maximum 5.6 pro Mille (bei den Curven $C_5 L_4$). Eigentlich sind die Decremente nicht unmittelbar mit einander vergleichbar, weil die Widerstände W der Ladungs- und der Entladungscurve im Allgemeinen nicht vollkommen dieselben sind; die hieraus entstehende Differenz macht höchstens 3 pro Mille aus (bei den Curven $C_5 L_2$).

8. **Vergleich der aperiodischen Ladungs- und Entladungscurven.** Gemäss Art. 3, I des theor. Th. besteht zwischen einer Ladungs- und der entsprechenden Entladungscurve eine einfache Symmetrierelation. Bezeichnet man die augenblicklichen Ladungen des Condensators bei dem Ladungsvorgange mit q und bei dem Entladungsvorgange mit q', die zugehörigen Werthe der vollen Ladung bezw. mit Q und Q', so kann dieser Relationen die Form

$$\frac{q}{Q} + \frac{q'}{Q'} = 1$$

gegeben werden.[1]) Sie soll jetzt für einige aperiodische Curven geprüft werden, deren beobachtete Punkte in den Tabellen I B a, B b, B c, B d und B e zusammengestellt sind. Die Strombahnconstanten dieser Curven waren folgende:

[1]) Es genügt nämlich $q = C\Pi$ der Diff.-Gl.

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2a\frac{dq}{dt} + b(q - Q) = 0,$$

wo $Q = CE$ ist, ferner $q' = CP$ der Diff.-Gl.

$$\frac{d^2 q'}{dt^2} + 2a\frac{dq'}{dt} + bq' = 0.$$

Zufolge der Anfangsbedingungen, wie sie den Anordnungen in den Fig. 1 und 2, p. 10 und 11 bez. des theor. Th. entsprechen, hat man für $t = 0$ die Werthe

$$q = \frac{w}{W + w} Q = \frac{w}{W + w} CE,$$

$$q - Q = -\frac{W}{W + w} Q = -\frac{W}{W + w} CE,$$

$$q' = \frac{W}{W + w} Q' = \frac{W}{W + w} CE',$$

und

$$\frac{d(q - Q)}{dt} = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{W + w} = \frac{Q}{C(W + w)},$$

$$\frac{dq'}{dt} = -\frac{E'}{W + w} = -\frac{Q'}{C(W + w)}.$$

$E=1$ Acc.	Ladungscurven.				
Curve	$C_3 L_4$	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.1926	0.08875
C in Mikrof.	2.0229	1.0119	0.5071	2.0229	2.0229
W in Ohm	3075.7	3076.7	3076.7	3074.6	3074.7
w in Ohm	511.2	511.4	511.4	511.3	511.4
Ursprüngl. Ladung	27.99	28.22	28.46	28.03	28.01
Volle Ladung	196.40	197.97	199.69	196.60	196.42

$E=1$ Acc.	Entladungscurven.				
Curve	$C_3 L_4$ N:o 12	$C_3 L_4$ N:o 15	$C_2 L_4$ N:o 17	$C_5 L_2$ N:o 10	$C_5 L_2$ N:o 9
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.1926	0.08875
C in Mikrof.	2.0229	1.0119	0.5071	2.0229	2.0229
W in Ohm	3075.7	3076.7	3076.7	3074.6	3074.7
w in Ohm	511.2	511.4	511.4	511.3	511.4
Ursprüngl. Ladung	168.50	169.92	171.45	168.58	168.56
Volle Ladung	196.50	198.16	199.94	196.62	196.60

Es sind also $\frac{q-Q}{Q}$ und $-\frac{q'}{Q'}$ zur Zeit $t=0$ gleich gross und ihre ersten Ableitungen ebenfalls gleich gross. Weil sie ferner derselben Differentialgleichung zweiter Ordnung genügen, so müssen sie zu jeder Zeit gleich bleiben, und es folgt die gesuchte Relation

$$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}=1\,.$$

Eine kleine Veränderlichkeit der Widerstände W und w kann die Relation schwach beeinflussen.

Die Werthe von $\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$ sind in folgender Tabelle aufgeführt, wobei die Abscissen der Kürze wegen nur durch ihre Ordnungszahl angegeben werden. Ihre wirklichen Werthe finden sich in den oben genannten Tabellen I B a bis B e.

N:o der Abscisse	$C_5 L_4$	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$
1	1.0006	0.9927	1.0129	0.9994	0.9996
2	1.0057	1.0057	1.0073	0.9994	1.0007
3	0.9997	1.0058	1.0081	0.9923	1.0094
4	1.0084	0.9979	1.0123	1.0096	1.0028
5	1.0023	1.0055	1.0064	0.9979	0.9998
6	0.9973	1.0015	0.9974	1.0035	1.0039
7	1.0014	0.9980	1.0005	1.0045	1.0029
8	0.9984	0.9965	1.0115	0.9959	1.0020
9	0.9979	0.9996	1.0145	0.9994	0.9938
10	0.9999	1.0011	1.0090	0.9989	1.0005
11	1.0004	1.0026	1.0050	0.9979	1.0026
12	1.0005	1.0011	1.0045	1.0030	0.9995
13	0.9999	1.0021	1.0030	0.9969	1.0021
14	1.0000	1.0032	1.0000	1.0005	1.0021
15	1.0005	1.0017	1.0010	0.9999	0.9996
16	1.0000	1.0012	1.0020	0.9994	0.9976
17	1.0010	1.0006	1.0016	1.0025	0.9996
18	1.0005	1.0017	1.0010	0.9999	0.9996
19	1.0010	1.0027	1.0013	1.0020	1.0002
20	1.0005	1.0016	—	1.0005	1.0002
21	1.0005	1.0016	—	1.0015	1.0033
22	1.0010	1.0016	—	0.9999	1.0013
23	1.0000	1.0012	—	1.0005	1.0003
24	1.0000	1.0027	—	1.0005	1.0008
25	1.0005	—	—	0.9989	1.0008
26	1.0010	—	—	0.9999	1.0014
27	1.0010	—	—	1.0009	0.9993
28	1.0005	—	—	1.0015	1.0014
29	1.0020	—	—	1.0025	1.0034

Es möge hier noch bemerkt werden, dass die in dem Art. 3, I des theor. Th. abgeleitete Symmetrierelation zwischen der Ladungs- und der Entladungscurve die Anordnungen, wie sie Fig. 1 und 2 zeigen, voraussetzt. Ist dies nicht der Fall, so tritt noch eine Verschiebung der einen Curve parallel der t-Achse hinzu.

Die in der Fig. 3 p. 11 veranschaulichte Anordnung folgt aus der Anordnung bei der Fig. 1, indem man $w=\infty$ setzt, und gelten dieselben Resultate auch dabei.

N:o der Abscisse	$C_5 L_4$	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 L_1$
30	1.0020	—	—	1.0025	1.0019
31	1.0008	—	—	1.0015	1.0000
32	1.0005	—	—	1.0005	1.0014
33	—	—	—	0.9999	1.0014
34	—	—	—	1.0020	1.0030
35	—	—	—	1.0033	1.0035
36	—	—	—	1.0033	—
37	—	—	—	1.0035	—
38	—	—	—	1.0033	—

Die im Allgemeinen gute Uebereinstimmung aller dieser Zahlen mit 1 zeigt nicht nur, dass die besprochene Symmetrierelation zwischen Ladungs- und Entladungscurve vorhanden ist, sondern auch dass die experimentell erhaltenen Punkte dieser Curven eine bedeutende Genauigkeit besitzen.

9. **Zunahme der Oscillationszeit mit dem Widerstande.** Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Oscillationszeit T von dem Widerstande W des Stromkreises, bei grösseren Werthen von W, sind für jede der fünf Combinationen von Capacität und Selbstinduktion $C_5 L_4$, $C_3 L_4$, $C_2 L_4$, $C_5 L_2$ und $C_5 L_1$ eine Reihe verschiedenen Werthen von W entsprechender Entladungscurven aufgenommen worden, sowie die extremen Ladungswerthe bestimmt worden. Die Coordinaten der Punkte dieser Curven und die Werthe der Extreme finden sich in den Tabellen I C, D, E, F und G. Aus den Extremen wurde dann die Lage der Curvenachse berechnet und aus den Schnittpunkten zwischen Curve und Achse die Oscillationszeit T ausgemessen. Es sei T die beobachtete Oscillationszeit einer Curve mit relativ grossem Widerstande, T_0 die beobachtete Oscillationszeit einer derselben Combination CL angehörenden Curve mit so kleinem Widerstande, dass die Oscillationszeit von dem Widerstande unabhängig ist, dann sollte folgende Relation bestehen (Formel 1, Art 2):

(23) $$\frac{T}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{CW^2}{4L}}},$$

oder noch strenger genommen die Relation

(24) $$\frac{T}{T_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{CW^2}{4L}}},$$

wo

$$W' = W + \frac{L}{C}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

der wegen der Leitungsfähigkeit der isolirenden Substanzen der Induktionsspule und des Condensators verbesserte Widerstand des Stromkreises bedeutet. Den Zusatzwiderstand

$$W' - W = \frac{L}{C}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

berechnet man genügend genau aus den im Art. 7 mitgetheilten Decrementen mittels der Formel

$$W' - W = \frac{\gamma - M\frac{\pi}{2}W\sqrt{\frac{C}{L}}}{M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}}. \tag{25}$$

Zur Prüfung der Relation (24) sollen jetzt folgende Zusammenstellungen dienen, deren Inhalt ohne weiteres klar ist.

Reihe $C_5 L_4$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $T_0 = 6.910 \pm 1.9$ Millisec. $W' - W = 10.67$ Ohm

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7
W in Ohm	67.05	184.48	303.19	490.35	650.03	812.51
T beob.	6.908 ± 4.5	7.007 ± 10.7	7.262 ± 59.2	7.844 ± 196	8.972 ± 224	10.107
$\frac{T}{T_0}$ beob.	0.9997 ± 7.1	1.014 ± 1.6	1.051 ± 8.6	1.135 ± 28.4	1.298 ± 32.4	1.463
$\frac{T}{T_0}$ berechn.	1.003	1.017	1.045	1.128	1.262	1.539
Diff. in Proc.	-0.3	-0.3	$+0.6$	$+0.6$	$+2.8$	-5.2

Reihe $C_3 L_4$. $C = 1.0119$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $T_0 = 4.865 \pm 1.2$ Millisec. $W' - W = 20.85$ Ohm

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8
W in Ohm	67.07	184.49	303.27	490.59	650.09	812.56	971.73
T beob.	4.855 ± 4.5	4.931 ± 8.6	5.039 ± 10.8	5.161 ± 52.3	5.470 ± 18.3	6.156 ± 102	6.441 ± 119
$\frac{T}{T_0}$ beob.	0.9979 ± 9.6	1.013 ± 1.8	1.036 ± 2.2	1.061 ± 10.7	1.124 ± 3.8	1.265 ± 20.9	1.324 ± 24.4
$\frac{T}{T_0}$ berechn.	1.002	1.015	1.023	1.061	1.112	1.192	1.313
Diff. in Proc.	-0.4	-0.2	$+1.2$	0.0	$+1.1$	$+5.7$	$+0.8$

N:o 1.

Reihe $C_2 L_4$. $C = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $T_0 = 3.436 \pm 1.8$ Millisec. $W' - W = 41.04$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8	N:o 9	N:o 10
W in Ohm	67.07	184.48	303.27	490.50	650.22	811.36	971.56	1133.8	1294.0
T beob.	3.455 ± 2.0	3.483 ± 6.2	3.549 ± 7.5	3.655 ± 19.5	3.726 ± 20.9	3.880 ± 24.0	4.122 ± 49.7	4.372 ± 51.3	4.384 ± 28.3
$\frac{T}{T_0}$ beob.	1.006 ± 0.8	1.014 ± 1.9	1.033 ± 2.3	1.064 ± 5.7	1.084 ± 6.1	1.129 ± 7.1	1.200 ± 14.5	1.272 ± 15.0	1.276 ± 8.3
$\frac{T}{T_0}$ berechn.	1.001	1.006	1.013	1.032	1.055	1.088	1.133	1.191	1.271
Diff. in Proc.	+0.5	+0.8	+1.9	+3.0	+2.7	+3.6	+5.6	+6.4	+0.4

Reihe $C_5 L_2$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $T_0 = 3.915 \pm 1.4$ Millisec. $W' - W = 8.89$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6
W in Ohm.	65.68	124.15	183.25	242.18	301.73
T beob.	3.995 ± 8.3	4.069 ± 39.4	4.187 ± 22.4	4.366 ± 17.2	4.523 ± 65.2
$\frac{T}{T_0}$ beob.	1.020 ± 2.1	1.039 ± 10.1	1.069 ± 5.3	1.115 ± 3.9	1.155 ± 16.7
$\frac{T}{T_0}$ berechn.	1.007	1.024	1.052	1.095	1.172
Diff. in Proc.	+1.3	+1.4	+1.6	+1.8	−1.5

Reihe $C_5 L_1$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.08875$ Henry. $T_0 = 2.667 \pm 2.4$ Millisec. $W' - W = 11.84$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5
W in Ohm	65.09	123.61	182.55	241.50
T beob.	2.773 ± 16.2	2.886 ± 44.5	3.032 ± 58.7	3.537
$\frac{T}{T_0}$ beob.	1.039 ± 6.1	1.082 ± 16.7	1.137 ± 22.0	1.326
$\frac{T}{T_0}$ berechn.	1.017	1.057	1.129	1.256
Diff. in Proc.	+2.1	+2.3	+0.7	+5.3

Diese Tabellen zeigen eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen $\frac{T}{T_0}$, was die beiden ersten Reihen betrifft, wenigstens wenn man von dem letzten Werthe der Reihe $C_5 L_4$ und dem vorletzten Werthe der Reihe $C_3 L_4$ absieht. In den drei übrigen Reihen ist die Uebereinstimmung weniger gut, indem die Differenzen „$\frac{T}{T_0}$ beob." — „$\frac{T}{T_0}$ berechn." meistens positiv sind und somit auf ein schnelleres Wachsen der Oscillationszeit mit dem Widerstande deuten würden, als die Theorie verlangt. Indessen ist die Schwierigkeit bei grösseren Widerständen des Stromkreises gute Werthe von T zu erreichen so beträchtlich und findet in dem wahrscheinlichen Fehler nur einen unvollständigen Ausdruck, dass nicht unerhebliche Abweichungen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von T wohl möglich scheinen. Bis auf weiteres darf man deshalb annehmen, dass die Formel (1) oder (24) richtige Werthe der Oscillationszeit liefert. Eine besondere Verification der daraus abgeleiteten Näherungsformel (9) ist nicht erforderlich.

10. **Das Decrement als Function des Widerstandes.** Um zu untersuchen, ob das Decrement γ als Function des Widerstandes der aus (5) folgenden Formel

$$\gamma = M\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}\,W'}{\sqrt{1-\frac{C\,W'^2}{4L}}} \tag{26}$$

genügt, combinirt man angemessen einen beliebigen Werth γ mit dem, dem kleinsten Widerstande W_0 in jeder Reihe $C\,L$ entsprechenden Werthe γ_0. Alsdann ist

$$\gamma_0 = M\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{\frac{C}{L}}\,W_0'}{\sqrt{1-\frac{C\,W_0'^2}{4L}}} = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,W_0', \tag{27}$$

und aus den Formeln (26) und (27) folgt

$$\sqrt{1-\frac{C\,W'^2}{4L}}\,\gamma - \gamma_0 = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,(W'-W_0') = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,(W-W_0). \tag{28}$$

Man setze jetzt

$$G_1 = \sqrt{1-\frac{C\,W'^2}{4L}}\,\gamma - \gamma_0,$$

$$G_2 = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\,(W-W_0)$$

und berechne G_1 mit Benutzung der im vorigen Artikel berechneten Werthe

$$\frac{T}{T_0} \quad \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{C W^2}{4 L}}}$$

sowie der beobachteten Werthe von γ und γ_0, G_2 direct aus den Constanten des Stromkreises. Die Resultate dieser Berechnungen sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Reihe $C_5 L_4$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $\gamma_0 = 0.01792 \pm 0.2$. $W_0 = 3.56$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6
W in Ohm	67.07	184.48	303.19	490.29	650.03
γ	0.09761 ± 4.3	0.24955 ± 316	0.40748 ± 43	0.69464 ± 123	1.02730 ± 319
G_1	0.0794 ± 4.3	0.2276 ± 31	0.3721 ± 4	0.5979 ± 10	0.7961 ± 25
G_2	0.0800	0.2279	0.3774	0.6131	0.8143
Diff. in Proc.	− 0.7	− 0.1	− 1.4	− 2.5	− 2.3

Reihe $C_3 L_4$. $C = 1.0119$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $\gamma_0 = 0.02174 \pm 0.7$. $W_0 = 3.56$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7
W in Ohm	67.07	184.50	303.27	490.59	650.09	812.56
γ	0.07849 ± 1.4	0.18566 ± 13	0.29726 ± 0.9	0.47059 ± 110	0.63847 ± 824	0.85476
G_1	0.0566 ± 0.2	0.1613 ± 1.3	0.2688 ± 0.1	0.4218 ± 10	0.5522 ± 74	0.6953
G_2	0.0566	0.1612	0.2670	0.4338	0.5760	0.7208
Diff. in Proc.	0.0	+ 0.1	+ 0.7	− 2.8	− 4.3	− 3.7

Reihe $C_2 L_4$. $C = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $\gamma_0 = 0.02815 \pm 1.4$. $W_0 = 3.59$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8	N:o 9
W in Ohm	67.07	184.51	303.27	490.50	650.22	811.36	971.56	1133.8
γ	0.06855 ± 5.7	0.14421 ± 12.8	0.22205 ± 5.4	0.34492 ± 22	0.45305 ± 53	0.58016 ± 183	0.69623	0.84255
G_1	0.0403 ± 0.6	0.1154 ± 1.3	0.1912 ± 0.6	0.3066 ± 2.1	0.4019 ± 5	0.5063 ± 17	0.5889	0.6821
G_2	0.0400	0.1141	0.1890	0.3071	0.4078	0.5094	0.6105	0.7128
Diff. in Proc.	+ 0.7	+ 1.1	+ 1.1	− 0.2	− 1.5	− 0.6	− 3.6	− 4.5

Reihe $C_5 L_2$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $\gamma_0 = 0.02443 \pm 1.2$. $W_0 = 2.16$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6
W in Ohm	65.68	124.15	183.25	242.18	301.73
γ	0.16600 ± 6.7	0.30496 ± 114	0.45281 ± 872	0.61667 ± 674	0.74733
G_1	0.1406 ± 0.7	0.2734 ± 11.2	0.4059 ± 83	0.5389 ± 61	0.6133
G_2	0.1404	0.2697	0.4004	0.5307	0.6623
Diff. in Proc.	+0.1	+1.4	+1.4	+1.5	−8.0

Reihe $C_5 L_1$. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.08875$ Henry. $\gamma_0 = 0.04374 \pm 4.2$. $W_0 = 1.59$ Ohm.

Curve	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5
W in Ohm	65.09	123.61	182.55	241.50
γ	0.25823 ± 30	0.45600 ± 524	0.69422	1.02050
G_1	0.2101 ± 3.0	0.3878 ± 50	0.5712	0.7690
G_2	0.2068	0.3974	0.5894	0.7814
Diff. in Proc.	+1.6	−2.5	−3.2	−1.6

Aus diesen Tabellen geht hervor, dass die Relation $G_1 = G_2$ mit der wünschenswerthen Genauigkeit erfüllt ist, wenigstens solange als man den grössten oder die beiden grössten Widerstände jeder Reihe ausschliesst. Für diese sehr grossen Widerstände ist die Relation weniger gut erfüllt. Bedenkt man aber, dass die entsprechenden Werthe von γ meistens nur aus einer einzigen Bestimmung erhalten wurden, so dass der wahrscheinliche Fehler sogar fehlt, und somit sehr unsicher sind, so dürfen wohl die obigen Zahlen als genügend betrachtet werden, um die Richtigkeit der Relation (28) und folglich auch der Formel (26) für das Decrement bei grossem Widerstande darzuthun.

Wollte man aus den obigen Tabellen eine Abweichung zwischen Experiment und Theorie herauslesen, so würde man sich darauf stützen, dass $G_1 - G_2$ meistens negativ ausfällt, besonders für die grössten Werthe des Widerstandes. Dies würde darauf deuten, dass die berechneten Werhe von

$$\sqrt{1 - \frac{C W^2}{4 L}}$$

N:o 1.

etwas zu klein wären. Thatsächlich könnte man auch theoretisch etwas grössere Werthe erlangen, indem man hier den Einfluss der Isolationswiderstände nicht nur auf den zweiten, sondern auch auf den dritten Term der Differentialgleichung des Entladungsvorganges in Rechnung zieht. Eine in dieser Weise vervollständigte Differentialgleichnng ist die Gl. (46) p. 32 der „Untersuchungen über elektrische Schwingungen I". Jedoch ist die Sache etwas zu unsicher als dass sich eine nähere Verfolgung lohnen würde.

11. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Entladung.** Um experimentell diejenige Grenze zu bestimmen, bei welcher der Charakter des Entladungs- oder Ladungsvorganges sich vom periodischen zum aperiodischen ändert, wurden die oben betrachteten Reihen $C_5 L_4$, $C_3 L_4$, $C_2 L_4$, $C_5 L_2$ und $C_5 L_1$ durch Einfügung grösserer und grösserer Widerstände in den Stromkreis so weit fortgesetzt, dass die letzte Curve oder die zwei letzten Curven deutlich aperiodisch waren. Von besonderem Nutzen bei dieser Untersuchung war das auch früher öfters benutzte Hülfsmittel, für jede Combination C, L und W zwei Curvenaufnahmen zu machen, die eine vom Anfang der Curve an mit Anwendung der elektromotorischen Kraft $E = 1$ Acc. und eines gewissen Nebenschlusswiderstandes am Galvanometer, die andere mit einer grösseren elektromorischen Kraft und einem bedeutend grösseren Nebenschlusswiderstande, wobei zwar der Anfang der Curve ausgelassen werden muss, aber die übrigen Curvenordinaten in einem gewissen Maasstabe vergrössert werden, wie schon p. 529 dargelegt worden ist.[1])

Die so erhaltenen Reihen von Entladungscurven, welche in den Tabellen I C, D, E, F und G enthalten sind, bestimmen zwar nicht genau die Grenzwiderstände W zwischen dem periodischen und dem aperiodischen Vorgange, erlauben aber die Abschätzung eines Intervalles, innerhalb welchem W liegt. Es ist diese Abschätzung zuerst ausgeführt worden, vor jeder theoretischen Berechnung. Alsdann wurde für die obigen fünf Reihen der Grenzwiderstand W' mittels der Formel

$$W' = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

berechnet und durch Abziehen der für jede Reihe constanten, auf p. 539 erhaltenen Differenz $W' - W$, auf W reducirt. Die folgende Tabelle giebt alle diese Resultate:

[1]) Die zweite Aufnahme mag zur Verkürzung als „Verlängerung" der Curve bezeichnet werden. Um Raum zu sparen geben die Tabellen nur bei der Reihe $C_5 L_4$ auch die Verlängerungen der Curven.

Reihe	$C_5 L_4$	$C_3 L_4$	$C_2 L_4$	$C_5 L_2$	$C_5 I$
C in Mikrof.	2.0229	1.0119	0.5071	2.0229	2.0229
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.1926	0.08875
Exp. erhaltener Intervall W (Ohm)	1060 à 1090	1500 à 1520	2060 à 2100	600 à 630	400 à 420
Intervallmitte W_e	1075	1510	2080	615	410
Berechneter W'	1083	1531	2163	617	419
Berechneter W	1072	1511	2133	608	407
Diff. $W_e - W$ ber. in Proc.	+ 0.3	− 0.1	− 2.5	+ 1.1	+ 0.7

Die Differenzen der letzten Zeile sind sogar kleiner als zu erwarten war. Die grösste Abweichung kommt bei der Reihe $C_2 L_4$ vor, wo die Bestimmung des Intervalles für W auch am unsichersten ist, indem eigentlich noch eine Entladungscurve mit grösserem Widerstande nöthig gewesen wäre. Als Endergebniss folgt, *dass Theorie und Experiment in Bezug auf die Uebergangsgrenze zwischen periodischer und aperiodischer Entladung gut mit einander übereinstimmen.*

II. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem einen und ohne Selbstinduktion in dem anderen Zweige.

1. **Gegenstand der Untersuchung.** Um die in dem Abschnitte II des theoretischen Theiles entwickelten Theorien veränderlicher, verzweigter Ströme so weit als möglich experimentell zu prüfen, wurde eine grössere Anzahl von Entladungscurven in der im Art. 3, I beschriebenen Weise aufgenommen mit einem Stromkreise, welcher sich nur dadurch von dem in der Fig. 64 veranschaulichten Stromkreise unterschied, dass der Induktionsspule L einer von den p. 517 beschriebenen, induktionsfreien Widerständen nebengeschaltet war. Diese Entladungscurven ordnen sich zu Reihen, für welche die Coordinaten der Punkte der einzelnen Curven in den Tabellen II A, B ... G zusammengestellt sind. Es möge schon hier eine Uebersicht dieser Reihen gegeben werden, wobei die Bezeichnungen der Widerstände der verschiedenen Theile des Stromkreises dieselben wie in den Fig. 20 und 21, Art. 1 und 2 des theor. Th. sind. Innerhalb jeder Abtheilung A, B, D bis G sind die Reihen nach abnehmendem Werthe von W_1 und innerhalb jeder Reihe die einzelnen Curven nach zunehmendem Werthe von W oder W_2 geordnet. Wenn ein Widerstand für eine Reihe von Curven gemeinsam ist, so wird sein auf 15° C reducirter Werth angegeben.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof. $W = 2.89$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a. $W_1 = 10081.0$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.06 Ohm.

Reihe b. $W_1 = 6998.0$ Ohm. W_2: 0.60, 64.07, 181.4, 299.9, 487.0, 809.0, 1130.1, 1452.2, 1574.1, 1633.0 und 2598.7 Ohm.

Reihe c. $W_1 = 5240.3$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.06 Ohm.

Reihe d. $W_1 = 3497.4$ Ohm. W_2: 0.59, 64.04, 181.4, 299.9, 487.0, 809.0, 1129.9, 1451.9, 1613.4, 1735.4, 1794.3, 2598.3 und 6102.4 Ohm.

Reihe e. $W_1 = 2625.1$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.06 Ohm.

Reihe f. $W_1 = 1749.5$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.06 Ohm.

Reihe g. $W_1 = 874.4$ Ohm. W_2: 0.59, 64.03, 181.3, 299.8, 486.8, 808.8, 1129.6, 1451.7, 1774.9, 1896.9, 1936.9, 2598.2 und 6130.3 Ohm.

Reihe h. $W_1 = 579.6$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.03 Ohm.
Reihe i. $W_1 = 435.6$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.04 Ohm.
Reihe j. $W_1 = 389.3$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.04 Ohm.
Reihe k. $W_1 = 288.4$ Ohm. W_2: 0.59, 64.04, 181.3, 299.9, 486.8, 808.8, 1129.8, 1451.8, 1774.7, 2100.9 2437.7, 2762.2, 3083.9, 3413.1 und 7003.1 Ohm.
Reihe l. $W_1 = 192.9$ Ohm. W_2: 0.60 und 64.07 Ohm.
Reihe m. $W_1 = 98.17$ Ohm. W_2: 0.60, 64.04, 181.3, 299.8, 486.9, 808.9, 1451.8, 2101.1, 2757.0, 4116.2, 4999.7, 6762.7 und 10254 Ohm.
Reihe n. $W_1 = 49.45$ Ohm. W_2: 0.59, 64.02, 181.3, 299.8, 486.8, 808.7, 1451.4, 2100.6, 2756.4, 4114.9, 4998.9, 5875.4, 6760.8, 8493.1 und 10252.2 Ohm.

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof. $W_2 = 0.58$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a. $W_1 = 10081.0$ Ohm. W: 2:97 und 66.40 Ohm.
Reihe b. $W_1 = 6998.0$ Ohm. W: 2.96, 66.40, 302.3, 489.3, 811.3, 1132.5, 1455.1, 1616.0, 1679.6 und 2600.9 Ohm.
Reihe c. $W_1 = 5240.3$ Ohm. W: 2.96 und 66.39 Ohm.
Reihe d. $W_1 = 3497.4$ Ohm. W: 2.93, 66.40, 302.3, 489.3, 811.2, 1132.4, 1454.5, 1777.7, 2601.0 und 6105.2 Ohm
Reihe e. $W_1 = 1749.5$ Ohm. W: 2.97 und 66.39 Ohm.
Reihe f. $W_1 = 874.4$ Ohm. W: 2.94, 66.39, 302.3, 489.4, 811.3, 1454.4, 1939.4, 2103.6, 2600.6 und 5247.9 Ohm.
Reihe g. $W_1 = 579.6$ Ohm. W: 2:96 und 66.39 Ohm.
Reihe h. $W_1 = 288.4$ Ohm. W: 2.94, 66.39, 302.2, 489.3, 811.2, 1454.2, 2103.5, 2277.1, 2440.5, 2759.6, 3088.3 und 7007.6 Ohm.
Reihe i. $W_1 = 192.9$ Ohm. W: 2.96 und 66.40 Ohm.
Reihe j. $W_1 = 98.17$ Ohm. W: 2.95 und 66.40 Ohm.
Reihe k. $W_1 = 49.45$ Ohm. W: 2.92, 66.40, 302.2, 489.3, 811.3, 1454.2, 2103.6, 2759.5, 3953.6, 6589.3 und 10089 Ohm.

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof. $W_1 = 874.4$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a. $W = 291.3$ Ohm. W_2: 0.59, 64.02, 299.9, 487.0, 809.0, 1130.1, 1452.0, 5087.5 und 9214.6 Ohm.
Reihe b. $W_2 = 289.0$ Ohm. W: 2.94, 66.35, 302.2, 489.2, 811.2, 1132.3, 1454.3, 3088.3 und 9217.7 Ohm.

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5063$ Mikrof. $W = 2.89$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a. $W_1 = 10081.0$ Ohm. W_2: 0.59 und 64.01 Ohm.
Reihe b. $W_1 = 6998.0$ „ W_2: 0.59 und 64.01 „
Reihe c. $W_1 = 5240.3$ „ W_2: 0.59 und 64.01 „
Reihe d. $W_1 = 3497.4$ „ W_2: 0.59 und 64.01 „
Reihe e. $W_1 = 1749.5$ „ W_2: 0.60 und 64.02 „

Reihe f.	$W_1 = 874.4$ Ohm.	W_2: 0.60 und 64.02 Ohm.
Reihe g.	$W_1 = 579.5$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe h.	$W_1 = 531.3$ „	W_2: 0.59 „
Reihe i.	$W_1 = 288.4$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe j.	$W_1 = 192.9$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe k.	$W_1 = 98.17$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe l.	$W_1 = 49.45$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „

Abth. E. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W = 2.89$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a.	$W_1 = 10081.0$ Ohm.	W_2: 0.60 und 64.03 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 6998.0$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe c.	$W_1 = 5240.3$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe d.	$W_1 = 3397.4$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe e.	$W_1 = 1749.5$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe f.	$W_1 = 874.4$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe g.	$W_1 = 579.6$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe h.	$W_1 = 288.4$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe i.	$W_1 = 240.1$ „	W_2: 0.60 „
Reihe j.	$W_1 = 192.9$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe k.	$W_1 = 98.17$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe l.	$W_1 = 49.45$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „

Abth. F. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W = 1.48$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a.	$W_1 = 10081.0$ Ohm.	W_2: 0.60 und 64.03 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 6998.0$ „	W_2: 0.60 und 64.02 „
Reihe c.	$W_1 = 5240.3$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe d.	$W_1 = 3497.4$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe e.	$W_1 = 1749.5$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe f.	$W_1 = 874.4$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe g.	$W_1 = 579.6$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe h.	$W_1 = 288.4$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe i.	$W_1 = 192.9$ „	W_2: 0.60 uud 64.03 „
Reihe j.	$W_1 = 144.5$ „	W_2: 0.60 „
Reihe k.	$W_1 = 98.17$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe l.	$W_1 = 49.45$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „

Abth. G. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W = 0.91$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe a.	$W_1 = 10081.0$ Ohm.	W_2: 0.60 und 64.03 Ohm
Reihe b.	$W_1 = 6998.0$ „	W_2: 0.60 und 64.03 „
Reihe c.	$W_1 = 5240.3$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „

Reihe d.	$W_1 = 3497.4$ Ohm.	W_2: 0.60 und 64.04 Ohm.
Reihe e.	$W_1 = 1749.5$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe f.	$W_1 = 874.4$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe g.	$W_1 = 579.6$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe h.	$W_1 = 288.4$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe i.	$W_1 = 192.9$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe j.	$W_1 = 144.5$ „	W_2: 0.60 „
Reihe k.	$W_1 = 98.17$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „
Reihe l.	$W_1 = 49.45$ „	W_2: 0.60 und 64.04 „

Es soll jetzt die Vergleichung zwischen Theorie und Experiment speciell auf folgende Punkte gerichtet werden.

a) Besteht die im Art. 3, II des theor. Th. gefundene Abhängigkeit zwischen einer Ladungs- und der entsprechenden Entladungscurve? Um dies prüfen zu können, sind sämmtliche den Entladungscurven der Reihe A k entsprechenden Ladungscurven ebenfalls experimentell aufgenommen worden. Für den jetzt beabsichtigten Zweck mögen aber nur zwei Curven ausgewählt werden, die eine am Anfang, die andere am Ende der Reihe, welche aperiodische Vorgänge von verschiedenem Charakter darstellen. Um die weitläufige Tabellenabtheilung nicht unnütz zu belasten sind die Coordinaten der Punkte nur für diese beiden Curven mitgetheilt und zwar unten im Art. 2. Die Relation zwischen Ladungs- und Entladungscurve ist so genau erfüllt, dass es nicht mehr nothwendig scheint sie auch auf periodische Curven zu prüfen, wie es im Abschn. I oben geschah. Uebrigens kommt dieselbe Sache nochmals vor bei den periodischen Curven im Abschn. 2, III unten.

b) Die Versuche zeigen, dass *alle drei Arten von Ladungs- und Entladungsvorgängen vorhanden sind, nämlich die aperiodischen Arten (A) und (B) und die periodische Art.* Die ausgedehnten Reihen von Entladungscurven, welche das gesammte Material darbietet, erlauben auch eine Anzahl von Uebergangsgrenzen zwischen verschiedenen Entladungsarten mehr oder weniger scharf zu bestimmen, und es zeigt sich, dass diese Grenzen mit den theoretisch berechneten im Einklang sind soweit man es verlangen kann, angesichts der unvermeidbaren Ungenauigkeit der meisten derartigen Grenzbestimmungen. Art. 3 unten.

c) Es fragt sich, ob die erhaltenen oscillirenden Entladungscurven regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind, wie die Theorie es erfordert. Zur Prüfung dieses berechnet man nach der im Art. 4, I gegebenen Methode die Achse der Curve, ferner die Werthe der Oscillationszeit und des Decrementes der ganzen Curve entlang, die ersteren aus den Schnittpunkten der Curve mit ihrer Achse und die letzteren aus den beobachteten Entladungsextremen. Es zeigt sich, dass die Achse eine gerade

Linie ist, und dass die Oscillationszeit und das Decrement der Curve entlang constant bleiben. Ein oberflächlicher Blick auf die Curve giebt ferner an, dass ihre einzelnen Wellen die gedämpfte Sinusform besitzen. Für eine nähere Ausmessung einer Welle sind nicht genügend Punkte vorhanden, abgesehen davon, dass über eine eventuell vorhandene, jedenfalls sehr kleine Nichtübereinstimmung zwischen der theoretischen und der experimentell bestimmten Curvenform kaum etwas bestimmtes auszusagen wäre, weil die beobachteten Curvenpunkte nicht ganz genau zu erhalten sind. Art. 4 unten.

d) Es soll die experimentell bestimmte Oscillationszeit der periodischen Curven einer Reihe oder mehrerer Reihen als abhängig von L, C und den Widerständen betrachtet werden und diese Werthe mit den der Theorie nach berechneten Werthen verglichen werden. Art. 5 unten.

e) Eine ähnliche Untersuchung wie in Bezug auf die Oscillationszeit T soll auch in Bezug auf das Decrement α oder γ ausgeführt werden. Art. 6 unten.

2. **Vergleich der aperiodischen Ladungs- und Entladungscurven.** In derselben Weise wie im Art. 8, I p. 535 erhält man zwischen den derselben Abscisse entsprechenden Ordinaten q und q' der Ladungs- und Entladungscurve bezw. die Relation

$$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}=1\,.$$

Diese Relation soll, wie auf p. 549 schon hervorgehoben wurde, für zwei Curven der Reihe A k geprüft werden, welche aperiodische Vorgänge von den Arten (B) und (A) bezw. darstellen. Die Strombahnconstanten sind für diese Curven wie folgt.

E 1 Acc.	Ladungscurven.		Entladungscurven.	
Curve	(N:o 3)	(N:o 15)	A k N:o 3	A k N:o 15
L in Henry	0.5933	0.5933	0.5933	0.5933
C in Mikrof.	1.0110	1.0110	1.0110	1.0110
W_1 in Ohm	288.6	288.6	288.6	288.6
W' in Ohm	2.96	2.95	2.96	2.95
W_2 in Ohm	181.3	7003.1	181.3	7003.1
w in Ohm	510.9	510.7	510.9	510.7
Volle Ladung	99.57	152.86	150.53	153.03

Die folgende Tabelle giebt die Werthe von q und q', in Scalentheile ausgedrückt, sowie die daraus mittels der obigen Werthe Q und Q' berechneten Werthe der Grösse $\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$.

Curven N:o 3.				Curven N:o 15.			
t in Millisec.	q	q'	$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$	t in Millisec.	q	q'	$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$
18.564	30.7	103.6	0.9965	18.564	5.0	148.0	0.9998
18.902	53.9	66.4	0.9824	18.902	8.5	144.2	0.9979
19.456	113.9	−20.8	1.0057	19.900	28.1	125.8	1.0059
19.900	124.0	−36.7	1.0016	20.896	43.8	109.3	1.0007
Max. & Min.	126.73	−40.23	1.0055	21.891	58.2	97.2	1.0159
20.896	123.1	−34.6	1.0064	22.883	70.0	82.9	0.9996
21.891	113.9	−21.9	0.9984	23.873	81.3	72.0	1.0024
22.883	108.0	−12.3	1.0030	24.865	90.6	62.4	1.0005
23.873	104.1	− 6.8	0.9974	25.854	98.3	55.1	1.0032
24.865	102.2	− 3.4	1.0038	26.842	105.2	47.6	0.9993
25.854	101.2	− 1.8	1.0044	27.828	110.6	42.2	0.9993
26.842	100.2	− 0.9	1.0003	28.814	116.3	36.6	1.0000
27.828	99.8	− 0.3	1.0003	29.798	121.1	32.1	1.0020
28.814	99.7	− 0.1	1.0006	30.781	125.0	27.8	0.9994
29.798	99.6	0.0	1.0003	31.762	128.4	24.1	0.9975
44.202	99.3	0.3	0.9993	32.743	131.2	21.3	0.9975
54.875	99.4	0.3	1.0003	33.723	134.2	18.6	0.9994
106.799	99.5	0.1	1.0000	34.701	136.9	16.2	1.0015

Curven N:o 15. (Forts.)			
t in Millisec.	q	q'	$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$
35.678	138.4	14.2	0.9982
36.654	140.2	12.7	1.0002
37.628	141.9	11.1	1.0008
38.601	143.2	9.9	1.0015
39.572	144.2	8.8	1.0008
40.543	145.2	7.8	1.0009
41.513	146.2	6.8	1.0008
42.481	147.1	6.0	1.0015
43.450	147.7	5.2	1.0002

N:o 1.

Curven N:o 15. (Forts.)			
t in Millisec.	q	q'	$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$
44.417	148.2	4.8	1.0009
45.382	148.7	4.2	1.0002
46.346	149.2	3.85	1.0013
48.466	149.8	3.05	0.9999
50.620	150.5	2.5	1.0009
52.750	151.1	2.05	1.0019
54.875	151.3	1.8	1.0016
65.432	152.2	1.0	1.0022
75.890	152.3	0.9	1.0022
86.262	152.35	0.85	1.0022
106.799	152.4	0.8	1.0022
157.489	152.45	0.75	1.0022
208.343	152.5	0.7	1.0022

Wie ersichtlich weichen die Werthe von $\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$ ausserordentlich wenig von 1 ab. Bei den Curven N:o 3 ist das Mittel dieser Werthe 1.0003, bei den Curven N:o 15 1.0012. Die Symmetrierelation zwischen Ladungs- und Entladungscurve ist somit bestätigt.

3. **Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Entladung.** Für die Ermittelung von Uebergangsgrenzen zwischen aperiodischer und periodischer Entladung und zwar hier von Werthen eines der Widerstände W, W_2 und W_1 ereignen sich folgende Reihen von Entladungscurven.

Mit W_2 variirend: die Reihen A b, A d, A g, A k, A m, An und C a.

Mit W variirend: die Reihen B b, B d, B f, B h, B k und C b.

Mit W_1 variirend: diejenigen Reihen, welche bezw. von der ersten oder zweiten Curve sämmtlicher einzelnen Reihen a, b, c u. s. w. innerhalb jeder Abtheilung A, B, D, E, F und G zu bilden sind.

Der Werth des Grenzwiderstandes ist entweder aus den beobachteten Curven geschätzt worden, oder ist, wo eine direkte Abschätzung zu unsicher schien, ein Intervall festgelegt worden, innerhalb welchem der Grenzwiderstand wahrscheinlich vorhanden ist (Vergl. auch p. 544). Alle diese Abschätzungen wurden zuerst vorgenommen und erst nachher der theoretische Werth des Grenzwiderstandes berechnet.

Fassen wir jetzt die oben aufgezählten Reihen zum Zwecke der Grenzbestimmungen näher ins Auge. (Siehe die Tabellen II A bis II G.) Wenn es sich um einen für mehrere Curven gemeinsamen Widerstand handelt, wo kleine Schwankungen wegen der Temperaturänderungen vorkommen, so ist der mittlere Werth genommen.

Für die Reihen der Abth. A ist W als klein vorauszusetzen (praktisch sogar gleich Null zu nehmen), und es gelten somit die Formeln im Art. 46, II f des theor. Th. p. 138 und folg. Die Bedingung (536)

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < 2\,W_1$$

ist für die Reihen A b, A d und A g erfüllt, weshalb nur die periodischen Entladungen und die aperiodischen Entladungen der Art (A) vorkommen dürfen, die ersteren für $W_2 < W_2^{(o)}$, die letzteren für $W_2 > W_2^{(o)}$, wie die Tabellen auch zeigen. Der theoretische Werth von $W_2^{(o)}$ ist nach (533)

$$W_2^{(o)} = \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} + 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W\left(\frac{W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2.$$

Je grösser W_1 ist, um so schärfer ist die Grenzbestimmung. Die folgende Tabelle enthält die Resultate.

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	W in Ohm	$W_2^{(o)}$ beob. in Ohm	$W_2^{(o)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
A b	0.5933	1.0110	7005.4	2.96	1600	1612	−0.7
A d	0.5933	1.0110	3500.1	2.96	1730	1695	+2.0
A g	0.5933	1.0110	875.1	2.95	etwas über 2000	2192	unter −8.7

Die berechneten Werthe von $W_2^{(o)}$ erleiden eine kleine Veränderung, wenn man das auf p. 513 erwähnte Leitungsvermögen der isolirenden Schichten der Induktionsspule und des Condensators in Betracht zieht. Wie in der Arbeit des Verf. „Untersuchungen über elektrische Schwingungen“ [1]) gezeigt worden ist, braucht man bei der vorzüglichen Beschaffenheit der benutzten Condensatoren nur den aus der Induktionsspule herrührenden Einfluss dieser Art zu beachten. Bis auf weiteres, d. h. bis besonders für diesen Zweck angestellte experimentelle Untersuchungen eventuell anderes ergeben, ist es erlaubt die Induktionsspule als mit einem induktionsfreien

[1]) Th. I p. 96 und Th. III p. 26.

Nebenschlusse versehen zu betrachten, dessen Werth aus den Dämpfungsbestimmungen hervorgeht (Vergl. El. Schw. I p. 95). Mit Anwendung der Formel 25 p. 539 berechnet man hier den Nebenschlusswiderstand $r = 28100$ Ohm. Dieser Widerstand setzt sich mit W_1 zusammen, so dass statt der Werthe

7000 Ohm, 3500 Ohm und 875 Ohm

5600 Ohm, 3120 Ohm und 848 Ohm.

sich ergeben

Hierzu entsprechen folgende Werthe von $W_2^{(o)}$

1633 Ohm, 1716 Ohm und 2214 Ohm,

welche sich von den früheren Werthen nur um

1.3 % 1.2 % und 1.0 %

unterscheiden. Die Uebereinstimmung mit den beobachteten Werthen von $W_2^{(o)}$ ist wenigstens ebenso gut als früher. Auch ist die ganze Betrachtung wegen der etwas problematischen Natur des Widerstandes der isolirenden Schichten der Induktionsspule nicht als völlig streng anzusehen.

Für die Reihen A k, A m und A n ist die Bedingung (532) p. 139

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > 2 W_1$$

erfüllt. Es sollten demnach die beiden Arten von aperiodischer Entladung sowie periodische Entladung vorhanden sein. In der That sind die Curven am Anfang der Reihen aperiodisch von der Art (B), die Curven am Ende der Reihen aperiodisch von der Art (A). Die mittleren Curven, welche der Theorie nach periodisch sein dürften, sind so stark gedämpft, dass sie schwerlich von aperiodischen Curven der Art (B) zu unterscheiden sind. Es ist ein erstes Minimum bei diesen Curven sehr deutlich ausgeprägt, andere extreme Werthe sind aber kaum zu erkennen. Auf das Vorkommen eines sehr schwachen Maximums deuten zwar z. B. die Curven N:o 6 und 7 der Reihe A k schon mit einer gewissen Sicherheit. Jedenfalls liegt hier kein Widerspruch mit der Theorie vor, obgleich man sich am besten von einem Versuche die beiden Uebergangsgrenzen zu bestimmen abhält. Für die obere Grenze gilt theoretisch der auf p. 553 angeführte Werth, für die untere Grenze hat man nach p. 139 Formel (534)

$$W_2^{(u)} = \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} - 2\sqrt{\frac{L}{C}} - W_1\left(\frac{W_1 - \sqrt{\frac{L}{C}}}{W_1}\right)^2.$$

So berechnet man z. B. in der Reihe A k

$$W_2^{(u)} = 501 \text{ Ohm} \quad \text{und} \quad W_2^{(o)} = 3561 \text{ Ohm}.$$

Bei der Reihe C a wendet man am besten die Formeln im Art. 4, II des theor. Th. an, indem hier keiner der drei Widerstände W, W_1 und W_2 besonders klein oder gross ist. Es sind die Bedingungen (51) p. 59

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{L}{C} < W_1\left(W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}\right), \\ W_1 W < \sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}\right) \end{array}\right.$$

jetzt beide erfüllt, und somit sollten periodische Entladung und aperiodische Entladung vom Typus (A) vorhanden sein, wie die Tabellen II A c auch zeigen. Der theoretische Grenzwiderstand ist

$$W_2^{(o)} = \frac{\frac{L}{C} + 2W_1\sqrt{\frac{L}{C}} - W_1 W}{W_1 + W}.$$

Man erhält die folgende Zusammenstellung

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	W in Ohm	$W_2^{(o)}$ beob. in Ohm	$W_2^{(o)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
C a	0.5933	1.0110	875.2	291.6	1400 à 1500	1396	+0.3 à −7.4

Es muss bemerkt werden, dass die Anzahl der Curvenaufnahmen in der Nähe der Grenze zu klein ist.

Nehmen wir ferner die Reihen B b, B d und B f. Es genügt völlig W_2 gleich Null zu setzen, wobei also die Formeln im Art. 20. II a p. 99 und folg. in Anwendung kommen. Für die drei obigen Reihen ist die Ungleichheit (278) p. 100

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < 2W_1$$

erfüllt, welche die Bedingung dafür bildet, dass von den drei Entladungsarten nur periodische Entladung, für kleine Werthe von W_2, und aperiodische Entladung vom Typus (A), für grosse Werthe von W_2, vorhanden seien, wie die Tabellen auch zeigen. Der Grenzwiderstand ist der Theorie nach (vgl. p. 100)

$$W^{(o)} = \frac{L}{CW_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Man erhält hier folgende Zusammenstellung

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	W in Ohm	$W^{(o)}$ beob. in Ohm	$W^{(o)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
B b	0.5933	1.0110	7005.1	0.60	1630	1616	+0.9
B d	0.5933	1.0110	3500.7	0.60	1700	1700	0.0
B f	0.5933	1.0110	875.2	0.60	etwa 2100	2203	etwa −4.7

Für die Reihen B h und B k ist die Bedingung (272) p. 100

$$\sqrt{\frac{L}{C}} > 2W_1$$

erfüllt, weshalb alle drei Entladungsarten vorhanden sein sollten. Die untere Uebergangsgrenze berechnet sich aus der Formel (277) p. 100

$$W^{(u)} = \frac{L}{CW_1} - 2\sqrt{\frac{L}{C}},$$

die obere aus der Formel (276) p. 100

$$W^{(o)} = \frac{L}{CW_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Für $W < W^{(u)}$ giebt die Theorie aperiodische Entladung vom Typus (B), für $W^{(u)} < W < W^{(o)}$ periodische Entladung und für $W > W^{(o)}$ aperiodische Entladung vom Typus (A). In Bezug auf die experimentell aufgenommenen Curven gilt ganz ähnliches wie in Bezug auf die Reihen A k, A m und A n oben. Bemerkenswerth ist besonders die ziemlich gut ausgesprochene Periodicität der Curve B h N:o 6, welche auch innerhalb des Intervalles für periodische Entladung liegt.

Bei der Reihe C b kommen die allgemeinen Formeln des Art. 4, II p. 57 und folg. in Anwendung. Es sind die Bedingungen (45)

$$\begin{cases} \frac{L}{C} < W_1\left(W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}\right), \\ W_1 W_2 < \sqrt{\frac{L}{C}}\left(2W_1 + \sqrt{\frac{L}{C}}\right) \end{cases}$$

beide befriedigt, woraus folgt, dass aperiodische Entladung von der Art (A), für grössere Werthe von W, und periodische Entladung, für kleinere Werthe von W, vorhanden sein sollen, wie die Tabellen auch bestätigen. Der Grenzwerth berechnet sich aus der Formel (47 a) p. 59

$$W^{(o)} = \frac{\frac{L}{C} + 2 W_1 \sqrt{\frac{L}{C}} - W_1 W_2}{W_1 + W_2},$$

und man erhält die folgende Zusammenstellung, wobei sonst dieselbe Bemerkung wie in Bezug auf die Reihe C a gilt.

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	$W^{(o)}$ beob. in Ohm	$W^{(o)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
C b	0.5933	1.0110	875.2	289.3	1400 à 1450	1401	− 0.1 à − 3.6

Sämmtliche oben erhaltenen Uebergangsgrenzen $W_2^{(o)}$ und $W^{(o)}$ gehören einem einzigen Werthe von $\frac{L}{C}$ an. Der Theorie nach sollen die Uebergangsgrenzen dieselben sein bei den in den Abschnitten II, III und IV behandelten Anordnungen. Die eben erwähnte Lücke ist mit Bezug hierauf bei den experimentellen Untersuchungen in den Abschn. III und IV dadurch komplettirt werden, dass andere Zusammenstellungen von Selbstinduktion und Capacität gewählt wurden, als die obige.

Es möge jetzt eine Tabelle gegeben werden, welche sich auf Uebergangsgrenzen $W_1^{(u)}$ bezieht. Die betreffenden Reihen von Entladungscurven erhält man, wie p. 552 erwähnt, in der Weise, dass man alle ersten, bezw. alle zweiten Curven der Abtheilungen A, B, D, E, F und G zusammenfasst.

Reihe	L in Henry	C in Mikrof	W in Ohm	W_2 in Ohm	$W_1^{(u)}$ beob. in Ohm	$W_1^{(u)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
Erste Curven von A.	0.5933	1.0110	2.95	0.60	370	382.1	− 3.2
Erste Curven von D.	0.5933	0.5063	2.93	0.60	530 à 560	540.4	− 1.9 à + 3.6
Erste Curven von E.	0.5933	2.0229	2.94	0.60	250 à 270	269.9	− 7.7 à 0.0
Erste Curven von F.	0.1926	2.0229	1.52	0.60	120 à 140	153.8	− 22 à − 9.0
Erste Curven von G.	0.08875	2.0229	0.94	0.60	80 à 100	104.3	− 23 à − 4.3

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W in Ohm	W_2 in Ohm	$W_1^{(a)}$ beob. in Ohm	$W_1^{(a)}$ ber. in Ohm	Differenz in % Beob. — Ber.
Zweite Curven von A.	0.5933	1.0110	2.96	64.05	340 à 360	366.9	− 7.3 à − 1.9
Zweite Curven von B.	0.5933	1.0110	66.40	0.60	etwa 350	367.0	etwa − 4.6
Zweite Curven von D.	0.5933	0.5063	2.93	64.02	etwa 550	525.0	etwa + 4.8
Zweite Curven von E.	0.5933	2.0229	2.94	64.03	220 à 250	254.9	− 13.6 à − 1.9
Zweite Curven von F.	0.1926	2.0229	1.52	64.03	grösser als 110	139.4	kleiner als − 21
Zweite Curven von G.	0.08875	2.0229	0.94	64.04	70 à 80	75.0	− 6.7 à + 6.7

Betreffend die Berechnung der Grenzen von W_1 sei folgendes bemerkt. In jeder Reihe ist die allgemeine Bedingung (57) p. 61

$$2\sqrt{\frac{L}{C}} > W + W_2$$

erfüllt. Folglich sollen nur periodische Entladung, für die grösseren Werthe von W_1, und aperiodische Entladung der Art (B), für die kleineren Werthe von W_1, vorhanden sein. Dies bestätigen auch völlig die experimentell erhaltenen Curven. Zur Berechnung der Grenze $W_1^{(a)}$ könnte die allgemeine Formel (61) p. 61

$$W_1 = \frac{\frac{L}{C} - WW_2}{W + W_2 + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

gebraucht werden. Hier genügen aber, weil entweder W oder W_2 oder beide auf einmal klein sind, Näherungsformeln, und zwar für W klein (bei den zweiten Curven der Abth. A, D, E, F und G) die aus (530) p. 139 hervorgehende Formel

$$W_1^{(a)} = \frac{\frac{L}{C}}{2\sqrt{\frac{L}{C}} + W_2} - W\left(\frac{\sqrt{\frac{L}{C}} - W_2}{2\sqrt{\frac{L}{C}} + W_2}\right)^2,$$

ferner für W_2 klein (bei den zweiten Curven der Abth. B) die aus (427) p. 120 folgende Formel

$$W_1^{(u)} = \frac{\frac{L}{C}}{2\sqrt{\frac{L}{C}+W}} - W_2\left(\frac{\sqrt{\frac{L}{C}+W}}{2\sqrt{\frac{L}{C}+W}}\right)^2.$$

und für W und W_2 auf einmal klein (bei sämmtlichen aus ersten Curven gebildeten Reihen) die aus den beiden letzten Formeln hervorgehende Formel

$$W_1^{(u)} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} - \frac{1}{4}(W+W_2).$$

Die Uebereinstimmung zwischen den berechneten und den beobachteten Werthen der Grenzen $W_2^{(o)}$, $W^{(o)}$ und $W_1^{(u)}$ bezw. ist im allgemeinen ganz befriedigend, angesichts der grossen Schwierigkeiten die Grenzen experimentell etwas genauer zu ermitteln. Wo die grössten Abweichungen vorhanden sind, ist das sehr weitläufige experimentelle Material immer noch etwas zu knapp gewesen. Durch die mitgetheilten Zahlen ist das folgende wichtige Resultat hinreichend begründet: *In Bezug auf die Uebergangsgrenzen zwischen dem aperiodischen und dem periodischen Vorgange in dem betrachteten gespalteten Stromkreise stimmen Theorie und Experimente mit einander überein.*

4. **Charakter der periodischen Entladungscurven.** Der Theorie nach sollen die periodischen Entladungscurven regelmässig gedämpfte Sinuslinien sein. Um dies zu prüfen genügt es die Curvenachsen nach der im Art. 4, I p. 521 gegebenen Methode zu ermitteln, sowie nachzusehen, ob das Decrement der Curve entlang constant bleibt. In der folgenden Tabelle sind die Curvenachsen für eine Anzahl von Entladungscurven enthalten, welche der Reihe A d angehören. Bei den Berechnungen hier und im Folgenden sind unverbesserte Werthe der Ladungsextreme [1]) angewandt.

[1]) Vergl. über die Methode der Verbesserung „Elektr. Schw. III“ p. 11. Diese Methode ist sonst nur bei ziemlich kleinen Werthen von W und W_2 vom Nutzen.

$C = 1.0110$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $E = 1$ Acc. $w = 510.3$ Ohm.

N:o der Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6
W_1 in Ohm	3499.5	3500.0	3500.4	3500.0	3500.2	3500.2
W in Ohm	2.93	2.94	2.96	2.94	2.95	2.95
W_2 in Ohm	0.59	64.04	181.4	299.9	487.0	809.0
N:o 0	Lage der Curvenachse in Scalentheilen.					
1	0.83	0.71	0.63	0.43	0.51	0.46
2	0.56	0.48	0.46	0.38	0.43	0.55
3	0.45	0.65	0.42	0.30	0.36	—
4	0.39	0.38	0.51	—	—	—
5	0.30	0.36	0.52	—	—	—
6	0.27	0.33	—			
7	0.32	0.26	—	—	—	—
8	0.37	0.33				
9	0.38	0.36	—	—	—	—
10	0.40	—	—	—	—	—
11	0.38	—	—			
12	0.37	—	—	—	—	—
13	0.35	—	—	—	—	—
Mittel	0.41	0.43	0.51	0.37	0.43	0.51

Did Tabelle zeigt, dass *die Curvenachsen Geraden sind*, welche sich sehr wenig von der Abscissenachse entfernen, genau wie im Art. 6, I p. 532 für den unverzweigten Stromkreis gefunden wurde. Nur im Achsenanfang kommt eine kleine Abweichung vor, indem die Achse sich dort schwach nach oben biegt. Diese Abweichung, welche irgendmal noch etwas deutlicher als bei den obigen Curven ist, hat jedoch fast keinen Einfluss auf den Werth des Decrementes.

Führen wir in einer zweiten Tabelle die Werthe der einzelnen Decremente für dieselben Curven auf. Diese Werthe sind die Mittel II der nach der im Art. 4, I p. 522 angeführten Methode berechneten Decremente γ der einzelnen Halboscillationen.

N:o der Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6
N:o 0	Decrement der einzelnen Halboscillationen					
1	0.17238	0.23123	0.33797	0.44904	0.60369	0.89500
2	0.17284	0.23146	0.33760	0.44467	0.58529	—
3	0.17270	0.22977	0.33319	—	—	—
4	0.17211	0.23029	0.33015	—	—	—
5	0.17206	0.23064	—	—	—	—
6	0.17282	0.22427	—	—	—	—
7	0.17284	—	—	—	—	—
8	0.17176	—	—	—	—	—
9						
Def. Decrem.	0.17244 ± 28	0.22999 ± 181	0.33495 ± 250	0.44685 ± 145	0.59449 ± 613	0.89500

Die Tabelle zeigt mit so grosser Genauigkeit als hier verlangt werden kann, dass das Decrement längs der Curve constant bleibt.

Somit ist nachgewiesen, *dass die Entladungscurven, die sich experimentell in dem verzweigten Stromkreise ergeben, regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind.*

5. **Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Entladungscurven.** Es ist die Oscillationszeit nach der im Art. 4, I p. 522 dargestellten Methode für sämmtliche periodische Entladungscurven des Art. 1, II p. 546 bestimmt worden, bei welchen noch wenigstens die erste halbe Periode gut zu bekommen war. [1])

Die folgende Tabelle enthält für die Curven der Abtheilung A p. 546 sämmtliche experimentell gefundenen Werthe „T beob." der Oscillationszeit, in Millisec. ausgedrückt. In den Columnen „T ber." und „T' ber." werden zwei Arten von berechneten Werthen der Oscillationszeit angegeben. Die Werthe „T ber." ergeben sich mittels der Formel (174) p. 84 des theoretischen Theiles

[1]) Experimentell kann man, wie p. 529 oben erwähnt, eine gewisse „Verlängerung" einer Entladungscurve in der Weise erreichen, dass man die bei der Ladung des Condensators angewandte elektromotorische Kraft E sowie den Nebenschlusswiderstand am Galvanometer vergrössert. Die Curven C e, C f, C g, C h, C i und C j in den Tabellen I C p. XII und XIII geben Beispiele hierzu. Dieser Ausweg ist oft mit Vortheil benutzt worden, und die Berechnung der Oscillationszeit, wo es nützlich schien, sowohl auf die ursprüngliche wie auf die „verlängerte" Curve gegründet worden. Der wahrscheinliche Fehler des Resultates bezieht sich in solchen Fällen meistens auf das Mittel beider Bestimmungen. Um Raum zu sparen wurden mit der oben genannten Ausnahme die „verlängerten" Curven nicht in den Tabellen aufgenommen.

Bei den Ladungscurven ist die Methode der „Verlängerung" nicht anwendbar, weil die Curvenachse und obere Curvenhälfte dabei aus dem zulässigen Scalenbereiche hinausrücken

(1) $$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1 + W}} \frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{W_1 + W}{W_1 + W_2}\frac{C}{L}\left(W_2 + \frac{WW_1 + \frac{L}{C}}{W_1 + W}\right)^2}}$$

oder für den kleinsten Werth von W_2, d. h. $W_2 = 0.58$ Ohm, mittels der Formel (345) p. 111

(2) $$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{\left(WW_1 + \frac{L}{C}\right)^2}{W_1(W_1 + W)}}}.$$

Bei den Werthen „T' ber." ist eine ähnliche Korrektion wie im Art. 9, I p. 539 wegen der Leitungsfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule angebracht worden und zwar genügend genau in der Weise, dass statt des wirklichen Nebenschlusswiderstandes W_1 an der Induktionsspule ein kleinerer Widerstand W_1' benutzt worden ist, welcher aus den parallel geschalteten Widerständen W_1 und w entsteht. Es bedeutet hierbei

$$w = \frac{Rr}{R + r} = \frac{L}{C(W' - W)}$$

den durch die Leitungsfähigkeit der isolirenden Substanzen herrührenden Nebenschlusswiderstand, welcher aus $W' - W$ (Formel (25), I p. 539) zu berechnen ist. Für die Abtheilung A ergiebt sich auf Grund des im 9, I p. 539 gefundenen Werthes

$$W' - W = 20.85 \text{ Ohm},$$

$$w = 28140 \text{ Ohm}.$$

Die Tabelle giebt ferner die Differenzen „T beob." — „T ber." und „T beob." — „T' ber." in Procent von T beob.

Für $W = W_2 = 0$ und $W_1 = \infty$ erhält man aus der Formel (1)

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

und mit den Werthen von L und C in der Abth. A

$$T = 4.866 \text{ Millisec.}$$

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	T' ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	10092	7428	2.97	0.60	4.888 ± 3.2	4.869	0.4	4.872	0.3
„ N:o 2	„	„	„	64.06	4.934 ± 4.0	4.897	0.7	4.909	0.5
A b N:o 1	7005.5	5609	2.96	0.60	4.879 ± 7.4	4.873	0.1	4.878	0.0
„ N:o 2	„	„	„	64.07	4.966 ± 1.6	4.911	1.1	4.924	0.9
„ N:o 3	„	„	„	181.4	5.052 ± 22	4.989	1.2	5.030	0.4
„ N:o 4	„	„	„	299.9	5.266 ± 16	5.128	2.6	5.170	1.8
„ N:o 5	„	„	„	487.0	5.531 ± 43	5.398	2.4	5.465	1.2
„ N:o 6	„	„	„	809.0	5.882 ± 46	6.130	− 4.2	6.278	− 6.7
A c N:o 1	5246.1	4421.7	2.96	0.60	4.894 ± 8.1	4.879	0.3	4.884	0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.06	5.000 ± 7.5	4.928	1.4	4.941	1.2
A d N:o 1	3500.0	3112.8	2.95	0.59	4.947 ± 3.5	4.895	1.1	4.903	0.9
„ N:o 2	„	„	„	64.04	5.048 ± 8.7	4.966	1.6	4.976	1.4
„ N:o 3	„	„	„	181.4	5.232 ± 13	5.118	2.2	5.150	1.6
„ N:o 4	„	„	„	299.9	5.413 ± 25	5.304	2.0	5.353	1.1
„ N:o 5	„	„	„	487.0	5.900 ± 17	5.670	3.9	5.739	2.7
„ N:o 6	„	„	„	809.8	6.636 ± 55	6.607	0.4	6.717	− 1.2
A e N:o 1	2628.0	2403.6	2.97	0.60	4.962 ± 23	4.918	1.0	4.929	0.7
„ N:o 2	„	„	„	64.06	5.030 ± 60	4.994	0.7	5.030	0.0
A f N:o 1	1751.5	1648.8	2.97	0.60	5.113 ± 12	4.986	2.5	5.002	2.2
„ N:o 2	„	„	„	64.06	5.218 ± 12	5.128	1.7	5.148	1.3
A g N:o 1	875.1	848.7	2.94	0.59	5.551 ± 9.3	5.410	2.5	5.450	1.8
„ N:o 2	„	„	„	64.03	5.804 ± 45	5.682	2.1	5.731	1.3
„ N:o 3	„	„	„	181.3	6.435 ± 37	6.194	3.7	6.258	2.7
„ N:o 4	„	„	„	299.8	7.013 ± 65	6.730	4.0	6.807	2.9
„ N:o 5	„	„	„	486.8	7.344 ± 153	7.626	− 3.8	7.724	− 5.2
„ N:o 6	„	„	„	808.8	9.390 ± 13	9.406	− 0.2	9.535	− 1.5
A h N:o 1	580.1	568.4	2.96	0.60	6.428 ± 85	6.470	− 0.7	6.575	− 2.3
„ N:o 2	„	„	„	64.03	7.250 ± 80	6.861	5.3	6.972	3.8

Der Grad der Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen der Oscillationszeit ist in diesen Tabellen wenigstens ebenso gut wie in den im Art. 9, I p. 539 enthaltenen, auf einen unverzweigten Stromkreis sich beziehenden Tabellen.

Es stellt somit die theoretische Formel (1) wenigstens sehr nahe richtig die Abhängigkeit der Oscillationszeit T von den Widerständen W_1 und W_2 dar. Der Widerstand W, welcher constant und sehr klein bleibt, hat auf die obigen Werthe fast keinen Einfluss, wird dagegen in der Abtheilung B in Betracht kommen.

N:o 1.

Von den beiden Werthen „T ber.“ und „T' ber.“ geben die Werthe T' die bessere Uebereinstimmung, wie auch à priori zu vermuthen war. Es mögen diese Werthe „T' ber.“ und ihre Differenzen mit den Werthen „T beob.“ etwas näher betrachtet werden.

Auf den ersten Werth von T' in jeder Reihe a, b ... h wirkt nur der Widerstand W_1 des Nebenschlusses an der Induktionsspule, in den Reihen a, b und c äusserst schwach, dann stärker und stärker, dagegen der Widerstand W_2 gar nicht. In den Reihen a, b und c ist die Uebereinstimmung sogar grösser, als man verlangen kann. Als Mittel sämmtlicher Differenzen 0.3, 0.0, 0.2, 0.9, 0.7, 2.2, 1.8 und -2.3 erhält man 0.47, welcher Werth immer noch erträglich ist, aber auf irgend eine constante Fehlerquelle zu deuten scheint, welche die beobachteten Werthe von T zu gross oder die berechneten Werthe zu klein ausfallen lässt. Fehlerquellen sind wohl besonders die Unsicherheit in den Werthen der Selbstinduktionscoefficienten L oder bei der Zeitbestimmung mittels des Pendelunterbrechers[1]) sowie der nicht genau berechenbare Einfluss der Leitfähigkeit der isolirenden Substanzen, endlich auch der Fehler bei der Ausmessung des Werthes von T aus der Entladungscurve. Mit zunehmendem Werthe von W_1 nimmt T ab und nähert sich, wie die Tabelle deutlich zeigt, dem berechneten Grenzwerthe für $W_1 = \infty$, d. h. $T = 4.866$ Millisec.

Eine gewisse Prüfung der Formel (1) in Bezug auf den Einfluss des Widerstandes W_2, welcher jedoch wegen der Complicirtheit der Formel von dem Einflusse von W_1 nicht völlig zu sondern ist, erhält man, indem man die Quotienten der einzelnen T-Werthe der Reihen a bis h mit dem ersten Werthe T_0 jeder Reihe bildet und dann die Differenzen dieser Quotienten für die beobachteten und die berechneten Werthe nimmt.

[1]) Es scheint der Pendelunterbrecher für „kurze“, d. h. nur wenige Wellen umfassende Ladungs- und Entladungscurven etwas zu grosse Oscillationszeiten geliefert, dagegen für „lange“ d. h. viele Wellen umfassende Curven ziemlich richtige Werthe gegeben zu haben. Eine Ursache hierzu könnte vielleicht in einer Stosswirkung bei den Pendelcontacten gesucht werden. Hiermit wäre der Sinn und die relative Grösse der Mehrzahl der Abweichungen zwischen den T-Messungen und Berechnungen durchgehend für sämmtliche Beobachtungen sehr gut erklärt. Jedoch ist keine entsprechende Correction der Resultate vorgenommen worden.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	$\frac{T}{T_0}$ beob.	$\frac{T'}{T_0'}$ ber.	Diff. in Proc.	Num.	$\frac{T}{T_0}$ beob.	$\frac{T'}{T_0'}$ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	1.0000	1.0000	—	A d N:o 5	1.1928	1.1704	1.8
„ N:o 2	1.0094	1.0074	0.2	„ N:o 6	1.3413	1.3699	−2.1
A b N:o 1	1.0000	1.0000	—	A e N:o 1	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	1.0178	1.0094	0.8	„ N:o 2	1.0137	1.0206	−0.7
„ N:o 3	1.0354	1.0313	0.4	A f N:o 1	1.0000	1.0000	—
„ N:o 4	1.0791	1.0599	1.8	„ N:o 2	1.0205	1.0291	−0.8
„ N:o 5	1.1336	1.1203	1.2	A g N:o 1	1.0000	1.0000	—
„ N:o 6	1.2056	1.2871	−6.7	„ N:o 2	1.0456	1.0515	−0.6
A c N:o 1	1.0000	1.0000	—	„ N:o 3	1.1593	1.1483	0.9
„ N:o 2	1.0217	1.0117	1.0	„ N:o 4	1.2633	1.2490	1.1
A d N:o 1	1.0000	1.0000	—	„ N:o 5	1.3230	1.4173	−7.1
„ N:o 2	1.0204	1.0149	0.5	„ N:o 6	1.6916	1.7494	−3.4
„ N:o 3	1.0576	1.0503	0.7	A h N:o 1	1.0000	1.0000	—
„ N:o 4	1.0942	1.0917	0.2	„ N:o 2	1.1279	1.0604	6.0

Die in dieser Weise berechneten relativen Differenzen sind etwas kleiner als die Differenzen in der letzten Columne auf p. 563, mit einigen Ausnahmen bei der letzten oder den zwei letzten Curven in den Reihen mit 6 Curven. Ihr Mittel beträgt nur —0.17 Proc. und spricht somit stark zu Gunsten der Strenge der Formel (1). Man beachte auch, dass während die beobachteten T-Werthe wegen der Einflüsse der Widerstände W_1 und W_2 von dem kleinsten Werthe 4.879 Millisec. (für die Curve b N:o 1) zu dem grössten Werthe 9.390 Millisec. (für die Curve g N:o 6) d. h. um 92 Proc. zuwachsen, der Mangel an Uebereinstimmung zwischen dem letzten Werthe und dem entsprechenden theoretischen Werthe T'' nur 1.5 Proc. ausmacht. Mit zunehmendem W_2 wächst die Oscillationszeit T ohne obere Grenze.

Für die periodischen Entladungscurven der Abtheilung B p. 547, bei welchen eine Bestimmung der Oscillationszeit möglich ist, genügt es nach dem oben Gefundenen ausser den Werthen „T beob.“ die wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Substanzen corrigirten Werthe „T'' ber.“ anzusetzen. Bei der Berechnung verwendet man die Formel (2), weil W_2 bei sämmtlichen Curven der Abtheilung so klein ist, dass es gleich Null gesetzt werden darf. Für ein kleines W entwickelt man aus der Formel (2) noch

(3) $$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{L}{C}\frac{}{W_1^2}}}\left\{1 + \frac{W_1}{\frac{L}{C} - 4W_1^2}W\right\},$$

welche Formel auch aus der Formel (566) p. 145 für $W_2 = 0$ hervorgeht und bei den Curven mit den beiden kleinsten Werthen von W innerhalb jeder Reihe anwendbar ist. Setzt man noch $W = 0$, so folgt

(4) $$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{L}{C}\frac{}{W_1^2}}},$$

und diese Formel giebt für die erste Curve jeder Reihe ein genügend genaues Resultat. Diese Curve ist übrigens gemeinsam für die Abth. A und B.

Die die Abtheilung B betreffenden Resultate sind in folgender Tabelle enthalten.

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W_2 in Ohm	W in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	$\frac{T}{T_0}$ beob.	$\frac{T'}{T_0'}$ ber.	Diff. in Proc.
Ba N:o 1	10091	7428	0.60	2.97	4.888 ± 32	4.872	0.3	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	„	66.40	4.946 ± 2.2	4.867	1.6	1.0119	0.9988	1.3
Bb N:o 1	7005	5609	0.60	2.96	4.879 ± 7.4	4.878	0.0	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	„	66.40	4.938 ± 6.7	4.868	1.4	1.0121	0.9980	1.4
„ N:o 3	„	„	„	302.3	4.911 ± 89	4.907	0.1	1.0066	1.0061	0.0
„ N:o 4	„	„	„	489.3	5.115 ± 117	5.027	1.7	1.0484	1.0307	1.7
„ N:o 5	„	„	„	811.3	5.545 ± 3.3	5.549	−0.1	1.1365	1.1376	−0.1
Bc N:o 1	5246	4422	0.60	2.96	4.894 ± 8.1	4.884	0.2	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	„	66.39	4.962 ± 18	4.871	1.8	1.0139	0.9973	1.6
Bd N:o 1	3500	3113	0.59	2.95	4.947 ± 3.5	4.903	0.9	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	0.60	66.40	4.954 ± 9.9	4.882	1.5	1.0014	0.9957	0.6
„ N:o 3	„	„	„	302.3	4.978 ± 26	4.880	2.0	1.0062	0.9952	1.1
„ N:o 4	„	„	„	489.3	5.145 ± 199	4.963	3.5	1.0400	1.0122	2.8
„ N:o 5	„	„	„	811.2	5.355 ± 97	5.326	0.5	1.0825	1.0862	−0.3
Be N:o 1	1751	1649	0.60	2.97	5.113 ± 12	5.002	2.2	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	„	66.39	5.000 ± 13	4.956	0.9	0.9779	0.9907	−1.3
Bf N:o 1	875.1	848.7	0.59	2.94	5.551 ± 9.3	5.450	1.8	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	0.60	66.39	5.392 ± 40	5.330	1.1	0.9714	0.9780	−0.7
„ N:o 3	„	„	„	302.3	5.178	5.090	1.7	0.9328	0.9339	−0.1
„ N:o 4	„	„	„	489.3	5.097	4.909	3.7	0.9182	0.9008	1.9
„ N:o 5	„	„	„	811.3	5.262 ± 215	4.881	7.2	0.9479	0.8956	5.5
Bg N:o 1	580.0	568.3	0.60	2.96	6.428 ± 85	6.575	−2.3	1.0000	1.0000	—
„ N:o 2	„	„	„	66.39	6.369 ± 213	6.270	1.5	0.9908	0.9536	3.7

Die Abweichungen sind hier ungefähr ebenso gross wie in den früheren Tabellen. Den stärksten Abweichungen entspricht auch die unsicherste experimentelle Bestimmung der Oscillationszeit. Die Abtheilung B ist besonders interessant in der Beziehung, dass innerhalb der einzelnen Reihen T der Theorie nach einen kleinsten Werth erreicht. Dasselbe zeigen auch die experimentellen Werthe von T, besonders deutlich die Reihe f. Für die Minima von T und die entsprechenden Widerstände W berechnet man mittels der Formeln (234) und (232 a) im Art. 18, II des theor. Th. p. 91 und 92, d. h.

(5) $$T_{\min} = 2\pi \frac{W_1 + W_2}{W_1} \sqrt{LC},$$

(6) $$W = \frac{\frac{L}{C} - W_1 W_2}{W_1 + W_2},$$

folgende Werthe:

Reihe	B a	B b	B c	B d	B e	B f	B g
W in Ohm	78.4	104	132	188	355	690	819
$T_{\min}$ in Millisec.	4.867	4.867	4.867	4.867	4.868	4.870	4.871

Es ist jetzt der Schluss gestattet, dass *die Formel (1) auch in Bezug auf den Einfluss des Widerstandes W auf die Oscillationszeit mit der Beobachtung wenigstens sehr nahe übereinstimmende Resultate liefert.*

Weitere Beiträge zur Prüfung der Formel (1) geben die Abtheilungen C, D, E, F und G von Entladungscurven. In der Abtheilung C, wo der Selbstinduktionscoefficient L und die Capacität C noch dieselben wie in den Abtheilungen A und B sind und W_1 constant bleibt, handelt es sich hauptsächlich um den Einfluss der Widerstände W und W_2. In den übrigen Abtheilungen haben L und C verschiedene Werthe, W_1 wird verändert, W und W_2 bleiben klein. Man erhält alsdann eine Prüfung der Formel (1) in Bezug auf L, C und W_1.

Für die Abtheilung C ergeben sich folgende Resultate.

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.							
Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	875.1	848.7	291.6	0.59	5.082 ± 144	5.044	0.7
„ N:o 2	„	„	„	64.02	5.300 ± 60	5.347	−0.9
„ N:o 3	„	„	„	299.9	6.945	6.586	5.2
„ N:o 4	„	„	„	487.0	7.790	7.767	0.4
C b N:o 1	„	„	2.94	289.2	6.754 ± 82	6.758	−0.1
„ N:o 2	„	„	66.35	„	6.760	6.665	1.4
„ N:o 3	„	„	302.2	„	6.740	6.525	3.2
„ N:o 4	„	„	489.2	„	6.936	6.616	4.6

Hier kommen mehrere grosse Differenzen vor, indess ist die Unsicherheit der experimentellen T-Bestimmungen innerhalb dieser Abtheilung überhaupt am grössten. In der Reihe a wächst T mit dem Widerstande W_2; in der Reihe b soll theoretisch für $W = 300.0$ Ohm der kleinste Werth $T_{min} = 6.525$ Millisec. vorkommen. Die experimentellen Werthe deuten auch auf ein Minimum.

In den Abtheilungen D, E, F und G ergeben sich folgende Tabellen für die Werthe der Oscillationszeit.

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5063$ Mikrof.								
Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
D a N:o 1	10086	7450	2.92	0.59	3.492 ± 2.7	3.453	1.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.01	3.519 ± 3.7	3.487	0.9	−0.2
D b N:o 1	7001	5621	2.92	0.59	3.498 ± 4.3	3.460	1.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.01	3.549 ± 12	3.490	1.6	0.5
D c N:o 1	5243	4495	2.92	0.59	3.520 ± 12	3.469	1.4	—
„ N:o 2	„	„	„	64.01	3.562 ± 1.0	3.507	1.5	0.1
D d N:o 1	3499	3116	2.92	0.59	3.546 ± 14	3.496	1.4	—
„ N:o 2	„	„	„	64.01	3.592 ± 11	3.551	1.1	−0.3
D e N:o 1	1751	1650	2.94	0.60	3.643 ± 36	3.645	−0.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	3.800 ± 10	3.746	1.4	1.5
D f N:o 1	875.0	848.9	2.91	0.60	4.452 ± 85	4.466	−0.3	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	4.676	4.658	0.4	0.7

Abth. E. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
E a N:o 1	10091	7381	2.94	0.60	6.888 ± 5.6	6.888	0.0	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	6.978 ± 13	6.947	0.4	0.4
E b N:o 1	7004	5454	2.94	0.60	6.894 ± 6.5	6.892	0.0	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	7.028 ± 5.2	6.962	0.9	0.9
E c N:o 1	5243	4403	2.94	0.60	6.932 ± 5.6	6.895	0.5	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	7.077 ± 14	6.981	1.3	0.8
E d N:o 1	3500	3105	2.94	0.60	6.980 ± 14	6.904	1.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	7.143 ± 32	7.028	1.6	0.5
E e N:o 1	1751	1646	2.94	0.60	6.990 ± 33	6.980	0.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	7.305 ± 22	7.192	1.5	1.4
E f N:o 1	874.7	847.7	2.94	0.60	7.429 ± 23	7.263	2.2	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	7.815 ± 38	7.662	2.0	−0.2
E g N:o 1	579.8	567.8	2.94	0.60	7.865	7.824	0.5	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	8.416 ± 137	8.418	0.0	−0.5

Abth. F. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
F a N:o 1	10091	5196	1.52	0.60	3.944 ± 5.1	3.924	0.5	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.054 ± 3.2	3.982	1.8	1.3
F b N:o 1	7004	4235	1.52	0.60	3.959 ± 4.7	3.925	0.9	—
„ N:o 2	„	„	„	64.02	4.057 ± 12	3.991	1.6	0.7
F c N:o 1	5244	3520	1.52	0.60	3.985 ± 8.3	3.926	1.5	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.048 ± 5.9	4.001	1.2	−0.3
F d N:o 1	3500	2638	1.52	0.60	3.985 ± 3.9	3.929	1.4	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.090 ± 2.6	4.022	1.6	0.2
F e N:o 1	1751	1505	1.52	0.60	3.981 ± 12	3.977	0.1	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.147 ± 1.7	4.089	1.4	1.3
F f N:o 1	875.2	809.1	1.52	0.60	4.085 ± 18	3.995	2.2	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.263 ± 41	4.248	0.4	−1.8
F g N:o 1	580.0	550.2	1.52	0.60	4.244 ± 13	4.086	3.7	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	4.490 ± 23	4.446	1.0	−2.7
F h N:o 1	288.7	281.1	1.52	0.60	4.835 ± 55	4.355	9.9	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	5.718	4.966	13.1	3.2

Abth. G. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
G a N:o 1	10090	2710	0.93	0.60	2.690 ± 2.7	2.665	0.9	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	2.767 ± 25	2.747	0.7	− 0.2
G b N:o 1	7004	2424	0.93	0.60	2.706 ± 7.9	2.665	1.5	—
„ N:o 2	„	„	„	64.03	2.789 ± 33	2.750	1.4	− 0.1
G c N:o 1	5247	2172	0.94	0.60	2.698 ± 7.3	2.666	1.2	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	2.735 ± 41	2.757	− 0.8	− 2.0
G d N:o 1	3500	1800	0.94	0.60	2.703 ± 9.5	2.667	1.3	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	2.854 ± 2.8	2.770	2.9	1.6
G e N:o 1	1752	1190	0.94	0.60	2.717 ± 14	2.673	1.6	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	2.810 ± 7.7	2.812	− 0.1	− 1.7
G f N:o 1	875.3	708.1	0.94	0.60	2.720 ± 2.3	2.693	1.0	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	2.925 ± 38	2.903	0.7	− 0.3
G g N:o 1	580.2	501.7	0.94	0.60	2.732 ± 59	2.601	4.8	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	3.086 ± 46	3.007	2.5	− 2.3
G h N:o 1	288.8	267.9	0.94	0.60	2.945 ± 22	2.894	1.7	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	3.444	3.473	− 0.8	− 2.5
G i N:o 1	192.9	183.4	0.94	0.60	3.390 ± 13	3.244	4.3	—
„ N:o 2	„	„	„	64.04	4.123 ± 48	3.870	6.1	1.8

Die Differenzen zwischen den beobachteten und den berechneten Oscillationszeiten sind in diesen Tabellen ungefähr ebenso gross wie in den früheren. Am Ende der Abtheilungen F und G kommen jedoch einige sehr grosse Differenzen vor, welche wahrscheinlich sowohl der grossen Unsicherheit der entspechenden Werthe „T beob." als den Fehlern in „T ber." zuzuschreiben sind, welche hier wegen der bedeutenden Ungenauigkeit beim Uebergang von W_1 zu W_1' verursacht werden. Die absoluten Differenzen sind immer noch meistens positiv, im allgemeinen aber klein bei denjenigen Werthen der Oscillationszeit, welche am wenigsten von den Widerständen beeinflusst sind, d. h. für W und W_2 klein und W_1 gross. Das Mittel der relativen Differenzen beträgt in den verschiedenen Abtheilungen bez. 0.4, 0.5, 0.2 und − 0.6 Proc., das Mittel sämmtlicher dieser Differenzen ist nur + 0.06 Proc.

Mit Hinsicht auf alle die auf p. 564 genannten Fehlerquellen steht als Hauptergebniss der Untersuchungen in diesem Art., dass *die Formel (1) und die daraus abzuleitenden specielleren Formeln mit der Beobachtung übereinstimmende Werthe der Oscillationszeit geben.*

6. **Bestimmungen des Decrementes der periodischen Entladungscurven.** Die logaritmischen Decremente γ sind nach der im Art 4. I p. 522 dargestellten Methode aus den beobachteten Extremen berechnet, und zwar für sämmtliche Entladungscurven, deren Oscillationszeit im letzten Art. gegeben wurde. Theoretische Werthe des Decrementes bekommt man aus der Formel (176) p. 84

$$(7) \qquad \gamma = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2+\frac{L}{C}}{\sqrt{(W_1+W)(W_1+W_2)}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{C}{L}\left(W_2+\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1+W}\right)^2}},$$

worin $M = 0.43429$ der Modulus der gewöhnlichen Logaritmen ist. Um die Correction wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule anzubringen, welche, wie im Art. 10 I p. 542 gefunden, sehr bedeutend auf das Decrement einwirkt, wird in der Formel (7) statt des wirklichen Nebenschlusswiderstandes W_1 der im letzten Art. berechnete Nebenschlusswiderstand W_1' gebraucht. Jedoch sollen in der Abtheilung A von Entladungscurven die Rechnungen vergleichsweise mit den beiden Widerständen W_1 und W_1' durchgeführt werden.

Die Formel (7) giebt mit kleinen Abänderungen folgende Formeln, welche unter Umständen für die Rechnung bequemer sind. Sonst verursacht die Berechnung von γ wenig Mühe, nachdem die Oscillationszeit T schon berechnet worden ist.

$$(8) \qquad \gamma = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\left(W_2+\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1+W}\right)\sqrt{\frac{W_1+W}{W_1+W_2}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W}{W_1+W_2}\frac{C}{L}\left(W_2+\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{W_1+W}\right)^2}},$$

$$(9) \qquad \gamma = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\left(W+\frac{W_1W_2+\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right)\sqrt{\frac{W_1+W_2}{W_1+W}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{W_1+W_2}{W_1+W}\left(W+\frac{W_1W_2+\frac{L}{C}}{W_1+W_2}\right)^2}}.$$

Für die Curven der Abtheilung A erhält man jetzt folgende Zusammenstellung, indem die beiden berechneten Werthe von γ mit γ und γ' bez. bezeichnet werden.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.	γ' ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	10092	7428	2.97	0.60	0.07380 ± 11	0.05494	25.6	0.07354	0.4
„ N:o 2	„	„	„	64.06	0.13217 ± 13	0.11135	15.7	0.12992	1.7
A b N:o 1	7005.5	5609	2.96	0.60	0.09646 ± 6.9	0.07776	19.4	0.09644	0.0
„ N:o 2	„	„	„	64.07	0.15411 ± 20	0.13417	13.0	0.15330	0.5
„ N:o 3	„	„	„	181.4	0.26396 ± 38	0.23843	9.7	0.25747	2.4
„ N:o 4	„	„	„	299.9	0.37255 ± 15	0.34760	6.6	0.36564	1.8
„ N:o 5	„	„	„	487.0	0.53809 ± 716	0.52947	1.6	0.54667	−1.6
„ N:o 6	„	„	„	809.0	0.94891	0.90010	5.1	0.96298	−1.5
A c N:o 1	5246.1	4421.7	2.96	0.60	0.12197 ± 5.9	0.10293	15.6	0.12167	0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.06	0.18252 ± 8.6	0.15922	12.8	0.17783	2.6
A d N:o 1	3500.0	3112.8	2.95	0.59	0.17244 ± 5.0	0.15282	11.5	0.17210	0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.23052 ± 16	0.20889	9.4	0.22780	1.2
„ N:o 3	„	„	„	181.4	0.33495 ± 21	0.31285	6.6	0.33177	0.9
„ N:o 4	„	„	„	299.9	0.44685 ± 79	0.41996	6.0	0.43851	1.9
„ N:o 5	„	„	„	487.0	0.60369 ± 568	0.59827	0.9	0.61594	−2.0
„ N:o 6	„	„	„	809.8	0.95444	0.96180	−0.8	0.97405	−2.1
A e N:o 1	2628.0	2403.6	2.97	0.60	0.22367 ± 30	0.20391	8.8	0.22310	0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.06	0.27984 ± 39	0.25880	7.5	0.27871	0.4
A f N:o 1	1751.5	1648.8	2.97	0.60	0.33009 ± 26	0.30857	6.5	0.32860	0.5
„ N:o 2	„	„	„	64.06	0.38572 ± 48	0.36367	5.7	0.38321	0.6
A g N:o 1	875.1	848.7	2.94	0.59	0.69208 ± 25	0.66608	3.7	0.69185	0.0
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.74530 ± 155	0.71397	4.2	0.73894	0.9
„ N:o 3	„	„	„	181.3	0.82159 ± 24	0.80232	2.3	0.82594	−0.5
„ N:o 4	„	„	„	299.8	0.90683 ± 1103	0.89266	1.6	0.91496	−0.9
„ N:o 5	„	„	„	486.8	1.0508	1.0408	0.9	1.0613	−0.8
„ N:o 6	„	„	„	808.8	1.3088	1.3268	−1.4	1.3470	−2.9
A h N:o 1	580.1	568.4	2.96	0.60	1.2419 ± 111	1.1988	3.5	1.2432	−0.1
„ N:o 2	„	„	„	64.03	1.2520 ± 161	1.2186	2.7	1.2600	−0.6

Die Tabelle zeigt, dass die ohne Correction wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule berechneten Werthe der Decremente γ hier ebenso wenig mit den beobachteten Werthen übereinstimmen wie in dem unverzweigten Stromkreise. Dagegen stimmen die wegen dieses Einflusses corrigirten Werthe „γ' ber." sogar besser mit den Werthen „γ beob." überein als man hoffen konnte, angesichts der Unsicherheit bei dem Uebergange von W_1 zu W_1'. Das Mittel sämmtlicher Differenzen der letzten Columne beträgt nur 0.12 Proc. und es ist somit weder das eine noch das andere Zeichen bevorzugt.

Für die Abtheilungen B bis G berechnet man die folgenden Tabellen der Werthe „γ beob.“ und „γ' ber.“

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W_2 in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
B a N:o 1	10091	7428	0.60	2.97	0.07380 ± 11	0.07354	0.4
„ N:o 2	„	„	„	66.40	0.13356 ± 9.1	0.13018	2.5
B b N:o 1	7005	5609	0.60	2.96	0.09646 ± 6.9	0.09644	0.0
„ N:o 2	„	„	„	66.40	0.15553 ± 17	0.15269	1.8
„ N:o 3	„	„	„	302.3	0.37715 ± 22	0.36559	3.1
„ N:o 4	„	„	„	489.3	0.53941 ± 96	0.54649	−1.3
„ N:o 5	„	„	„	811.3	0.91240 ± 1079	0.90848	0.4
B c N:o 1	5246	4422	0.60	2.96	0.12197 ± 5.9	0.12167	0.2
„ N:o 2	„	„	„	66.39	0.18160 ± 45	0.17781	2.1
B d N:o 1	3500	3113	0.59	2.95	0.17244 ± 5.0	0.17210	0.2
„ N:o 2	„	„	0.60	66.40	0.23241 ± 33	0.22802	1.9
„ N:o 3	„	„	„	302.3	0.44784 ± 126	0.43833	2.1
„ N:o 4	„	„	„	489.3	0.63404 ± 393	0.61537	2.9
„ N:o 5	„	„	„	811.2	0.95640 ± 1640	0.97390	−1.8
B e N:o 1	1751	1649	0.60	2.97	0.33009 ± 26	0.32860	0.5
„ N:o 2	„	„	„	66.39	0.38829 ± 93	0.38306	1.3
B f N:o 1	875.1	848.7	0.59	2.94	0.69208 ± 25	0.69185	0.0
„ N:o 2	„	„	0.60	66.39	0.74214 ± 39	0.73892	0.4
„ N:o 3	„	„	„	302.3	0.91095 ± 1670	0.90415	0.7
„ N:o 4	„	„	„	489.3	1.0858	1.0603	2.3
„ N:o 5	„	„	„	811.3	1.4014	1.3418	4.2
B g N:o 1	580.0	568.3	0.60	2.96	1.2419 ± 111	1.2432	−0.1
„ N:o 2	„	„	„	66.39	1.2541	1.2604	−0.5

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	875.1	848.7	291.6	0.59	0.90653 ± 1190	0.90648	0.0
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.95080 ± 1690	0.97158	−2.2
„ N:o 3	„	„	„	299.9	1.2626	1.2329	2.4
„ N:o 4	„	„	„	487.0	1.5173	1.4770	2.6
C b N:o 1	„	„	2.94	289.2	0.89863 ± 793	0.90704	−0.9
„ N:o 2	„	„	66.35	„	0.96350 ± 1315	0.97190	−0.9
„ N:o 3	„	„	302.2	„	1.2046	1.2327	−2.3
„ N:o 4	„	„	489.2	„	1.4627	1.4763	−0.9

N:o 1.

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5063$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
Da N:o 1	10086	7450	2.92	0.59	0.10193 ± 6.4	0.10040	1.5
„ N:o 2	„	„	„	64.01	0.14278 ± 8.2	0.14026	1.8
Db N:o 1	7001	5621	2.92	0.59	0.13487 ± 17	0.13266	1.6
„ N:o 2	„	„	„	64.01	0.17522 ± 14	0.17196	1.9
Dc N:o 1	5243	4495	2.92	0.59	0.17034 ± 13	0.16578	2.7
„ N:o 2	„	„	„	64.01	0.21182 ± 6.6	0.20493	3.4
Dd N:o 1	3499	3116	2.92	0.59	0.24116 ± 14	0.23670	1.8
„ N:o 2	„	„	„	64.01	0.28222 ± 43	0.27886	1.2
De N:o 1	1751	1650	2.94	0.60	0.47482 ± 95	0.46931	1.1
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.51821 ± 295	0.50712	2.1
Df N:o 1	875.0	848.9	2.94	0.60	1.1232	1.1172	0.5
„ N:o 2	„	„	„	64.02	1.1528	1.1343	1.2

Abth. E. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
Ea N:o 1	10091	7381	2.94	0.60	0.05482 ± 2.8	0.05454	0.5
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.13811 ± 4.8	0.13704	0.8
Eb N:o 1	7004	5582	2.94	0.60	0.07098 ± 2.2	0.07167	−1.0
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.15402 ± 6.6	0.15149	1.6
Ec N:o 1	5243	4403	2.94	0.60	0.08869 ± 3.0	0.08851	0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.17199 ± 8.2	0.16818	2.2
Ed N:o 1	3500	3105	2.94	0.60	0.12417 ± 1.5	0.12377	0.3
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.20749 ± 9.1	0.20345	2.0
Ee N:o 1	1751	1646	2.94	0.60	0.23309 ± 1.6	0.23421	−0.5
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.31412 ± 4.7	0.31289	0.4
Ef N:o 1	874.7	847.7	2.94	0.60	0.46198 ± 93	0.46528	−0.7
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.53655 ± 275	0.54006	−0.6
Eg N:o 1	579.8	567.8	2.94	0.60	0.74274 ± 537	0.74388	−0.2
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.80335 ± 671	0.80828	−0.6

Abth. F. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
F a N:o 1	10091	5196	1.52	0.60	0.04592 ± 3.2	0.04522	1.5
„ N:o 2	„	„	„	44.03	0.19170 ± 35	0.18602	3.0
F b N:o 1	7004	4235	1.52	0.60	0.05465 ± 2.3	0.05442	0.4
„ N:o 2	„	„	„	64.02	0.20086 ± 1.4	0.19512	2.9
F c N:o 1	5244	3520	1.52	0.60	0.06453 ± 2.3	0.06453	0.0
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.20980 ± 13	0.20515	2.2
F d N:o 1	3500	2638	1.52	0.60	0.08537 ± 4.7	0.08461	0.9
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.23298 ± 54	0.22505	3.4
F e N:o 1	1751	1505	1.52	0.60	0.14663 ± 13	0.14654	0.1
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.29095 ± 9.3	0.28495	2.1
F f N:o 1	875.2	809.1	1.52	0.60	0.26940 ± 36	0.26962	-0.1
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.41630 ± 180	0.40680	2.3
F g N:o 1	580.0	550.2	1.52	0.60	0.40341 ± 184	0.40304	0.1
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.53573 ± 217	0.53608	-0.1

Abth. G. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ' ber.	Diff. in Proc.
G a N:o 1	10090	2710	0.90	0.60	0.05864 ± 4.3	0.05770	1.6
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.27600 ± 13	0.26644	3.4
G b N:o 1	7004	2424	0.93	0.60	0.06535 ± 2.9	0.06397	2.1
„ N:o 2	„	„	„	64.03	0.28180 ± 47	0.27229	3.4
G c N:o 1	5247	2172	0.94	0.60	0.07191 ± 2.9	0.07088	1.4
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.29227 ± 5.3	0.27908	4.5
G d N:o 1	3500	1800	0.94	0.60	0.08587 ± 12	0.08452	1.6
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.30430 ± 13	0.29250	3.8
G e N:o 1	1752	1190	0.94	0.60	0.12590 ± 4.2	0.12554	0.3
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.34068 ± 131	0.33263	2.4
G f N:o 1	875.3	708.1	0.94	0.60	0.21125 ± 22	0.20901	1.1
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.41339 ± 315	0.41369	-0.1
G g N:o 1	580.2	501.7	0.94	0.60	0.29798 ± 87	0.29614	0.6
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.50065 ± 319	0.49757	0.6
G h N:o 1	288.8	267.9	0.94	0.60	0.58628 ± 188	0.58400	0.6
„ N:o 2	„	„	„	64.04	0.74723 ± 1740	0.76738	-2.7
G i N:o 1	192.9	183.4	0.94	0.60	0.96199	0.90952	5.5
„ N:o 2	„	„	„	64.04	1.0585	1.0333	2.4

N:o 1.

Die Differenzen sind nicht ganz so gut in diesen Abtheilungen wie in der Abth. A, aber jedenfalls noch erträglich. Bei denjenigen Abtheilungen, wo die Differenzen überwiegend positiv sind, muss man annehmen, dass die für W_1' berechneten Annäherungswerthe etwas zu gross sind. Alsdann müsste der Unterschied zwischen „γ beob." und „γ' ber." gegen das Ende der Tabelle kleiner werden, was auch im allgemeinen der Fall ist. Besonders stark wirkt ein Fehler in W_1' in der Abtheilung G, wo die Wirkung der Reduktion von W_1 auf W_1' die grösste ist.

Als Endergebniss der Untersuchungen in diesem Art. folgt. *Indem man mit W_1 den wegen der Leitfähigkeit der Isolation der Induktionsspule corrigirten Nebenschlusswiderstand versteht, giebt die Formel (7) mit der Erfahrung übereinstimmende Werthe des Decrementes der Entladungsschwingungen.*

III. Verzweigter Stromkreis mit einem induktionsfreien Widerstande parallel dem Condensator.

1. **Versuchsanordnung.** Die experimentelle Anordnung (Fig. 65), welche bei den in diesem Abschnitt behandelten Versuchen gebraucht wurde, unterscheidet sich von der in der Fig. 64 veranschaulichten Anordnung nur durch den Widerstand W_1, welcher parallel dem Condensator geschaltet ist und zwar so, dass er sich von dem Condensatorpol M bis zu einem Punkte J neben dem beweglichen Pendelcontacte B erstreckt. Das Bahnstück W_1 enthält neben dem Condensator einen Quecksilbernapf F, welcher erlaubt es abzubrechen. Der Widerstand des Stückes $M H E L J$ ist W, der Widerstand des Stückes $J B W_2 N$ gleich W_2; sonst sind alle Bezeichnungen dieselben wie in der Fig. 64. Der Widerstand W_2 blieb bei allen Versuchen klein, etwa 0.06 Ohm, und es können deshalb statt den allgemeinen Formeln des Abschnittes III des theor. Th. fast ohne Ausnahme die specielleren Formeln des Abschn. III a angewendet werden.

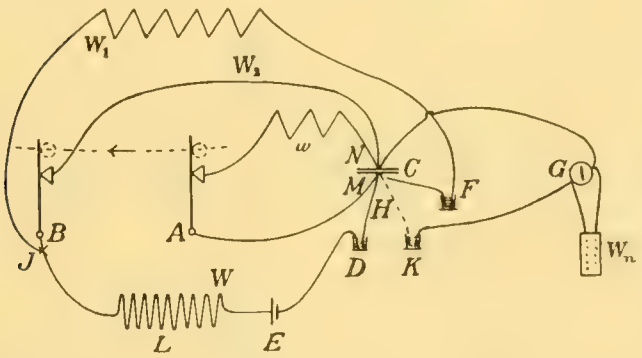


Fig. 65.

Ein einzelner Versuch wird in der Weise ausgeführt, dass man zuerst M und D mittels des Leitungsstückes H verbindet. Nach Paar Secunden ist dann praktisch genommen ein stationärer Zustand eingetreten, in welchem der Condensator die Ladung

$$(1) \qquad C\Pi_0 = \frac{W_1 w}{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + (W_1 + W) w} CE = \frac{w}{W_g + w} \frac{W_1}{W_1 + W} CE = \frac{W}{W_g + w} CE'$$

besitzt und die Stromstärke J den Werth

$$(2) \qquad J_0 = \frac{W_1 E}{W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + (W_1 + W) w} = \frac{1}{W_g + w} \frac{W_1}{W_1 + W} E = \frac{E'}{W_g + w}$$

hat. Man lässt dann das Pendel fallen, der Contact A wird heruntergeschlagen und der Condensator ladet sich weiter, bis der Process durch das Fallen des Contactes B abgebrochen wird. Der vorhandene Ladungsrest wird sodann in bekannter Weise mittels Entladung durch das Galvanometer G gemessen.

Die volle Ladung des Condensators ist $CE' = \frac{W_1}{W_1 + W} CE$, die Ladung, welche der gesammten elektromotorischen Kraft E der Stromquelle entspricht, CE. Man misst CE in Scalentheilen, indem man das Bahnstück W_1 bei F abbricht und genau so verfährt wie im Art. 3, I, p. 518 beschrieben worden ist. Aus CE erhält man CE' durch Multiplikation mit $\frac{W_1}{W_1 + W}$ und $C\Pi_0$ durch Multiplikation mit

$$\frac{w}{W_g + w} \frac{W_1}{W_1 + W}.$$

2. **Aufgenommene Curven. Gegenstand der Untersuchung.** Es möge hier zuerst ein ähnliches Verzeichniss der aufgenommenen Curven, welche sämmtlich Ladungscurven sind, wie im Art. 1, II p. 546 gegeben werden. Die Coordinaten der Curvenpunkte sind in den Tabellen III enthalten.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm, $(w = 510.3$ Ohm).

Reihe a. $W_1 = 6998.4$ Ohm. W: 3.53, 66.96, 184.2, 302.8, 489.8, 811.7, 1132.5, 1294.4, 1939.4 und 3087.8 Ohm.

Reihe b. $W_1 = 3497.8$ Ohm. W: 3.53, 66.96, 184.2, 302.7, 489.8, 811.4, 1131.5, 1454.5, 2103.8, 3064.1, 5003.1 und 6755.3 Ohm.

Reihe c. $W_1 = 874.8$ Ohm. W: 3.53, 66.96, 184.2, 302.8, 489.8, 811.4, 1131.6, 1454.6, 1616.1, 3064.2, 5003.3 und 8308.4 Ohm.

Reihe d. $W_1 = 288.8$ Ohm. W: 3.54, 66.97, 184.2, 302.7, 489.7, 811.3, 1131.4, 1454.3, 1777.5 und 3063.7 Ohm.

Reihe e. $W_1 = 49.82$ Ohm. W: 3.53, 66.96, 184.2, 302.8 und 489.8 Ohm.

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a.	$W_1 = 6998.4$ Ohm.	W: 3.53 und 33.90 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 3497.8$ „	W: 3.54 und 33.90 „
Reihe c.	$W_1 = 874.8$ „	W: 3.53 und 33.91 „
Reihe d.	$W_1 = 288.8$ „	W: 3.53 und 33.92 „
Reihe e.	$W_1 = 49.85$ „	W: 3.53 und 33.94 „

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5071$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm, ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a.	$W_1 = 6998.4$ Ohm.	W: 3.53 und 33.89 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 3497.8$ „	W: 3.53 und 33.91 „
Reihe c.	$W_1 = 874.8$ „	W: 3.53 und 33.92 „
Reihe d.	$W_1 = 288.8$ „	W: 3.53 und 33.94 „
Reihe e.	$W_1 = 49.82$ „	W: 3.53 und 33.94 „

Abth. D. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm; ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a.	$W_1 = 6998.4$ Ohm.	W: 2.14 und 32.59 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 3497.8$ „	W: 2.14 und 32.64 „
Reihe c.	$W_1 = 874.8$ „	W: 2.14 und 32.65 „
Reihe d.	$W_1 = 288.8$ „	W: 2.14 und 32.64 „
Reihe e.	$W_1 = 49.82$ „	W: 2.14 und 32.64 „

Abth. E. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a.	$W_1 = 6998.4$ Ohm.	W: 1.59 und 32.02 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 3497.8$ „	W: 1.59 und 32.06 „
Reihe c.	$W_1 = 874.8$ „	W: 1.59 und 32.04 „
Reihe d.	$W_1 = 288.8$ „	W: 1.59 und 32.06 „
Reihe e.	$W_1 = 49.82$ „	W: 1.59 und 32.08 „

Der Vergleich zwischen Theorie und Experiment wird in diesem Abschnitt auf dieselben Punkte gerichtet wie im Abschn. 1, II p. 549 angegeben worden ist.

a) Für die Verification der Symmetrierelation zwischen einer Ladungscurve und der entsprechenden Entladungscurve ist eine periodische Curve ausgewälht worden. Die betreffende Untersuchung ist somit eine Completirung der im Art. 2, II p. 550 geführten Untersuchung.

b) Es sind im Art. 4 unten mehrere Uebergangsgrenzen zwischen den drei verschiedenen Ladungsarten angegeben worden, wie sie experimentell gefunden und theoretisch berechnet wurden.

c) Eine fernere Untersuchung der Form der oscillirenden Curven, welche der Untersuchung des Art. 4, II p. 559 entsprechen würde, scheint hier nicht nöthig. Die für die Decrementsbestimmung erforderlichen Rechnungen zeigen sonst, dass die Curvenachsen sehr genau gerade Linien sind, welche die theoretische Lage besitzen. Auch bleiben die Decremente der Curve entlang ziemlich constant, nur darf man nicht allzu kleine Amplituden der Ladungsextreme mitnehmen, weil die Bestimmung dann zu unsicher wird, sondern die Curve an angemessener Stelle abbrechen.

d) Art. 5 unten bezieht sich auf die beobachteten und die berechneten Werthe der Oscillationszeit.

e) Im Art. 6 unten sind die aus der Beobachtung und aus einer theoretischen Berechnung hervorgehenden Decremente der gedämpften oscillirenden Ladungscurven mit einander verglichen.

3. **Vergleich einer periodischen Ladungs- und Entladungscurve.** Zwischen den Ordinaten q und q' einer Ladungscurve und der entsprechenden Entladungscurve soll die Relation

$$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}=1 \tag{3}$$

bestehen. Es bezeichnet hierbei Q' den Werth der Grösse CE in Scalentheilen, und Q den Werth der Grösse $\frac{W_1}{W_1+W}CE$, ebenfalls in Scalentheilen.

Um die Relation (3) verificiren zu können ist diejenige Entladungscurve vollständig aufgenommen worden, welche der Ladungscurve A a N:o 1 entspricht. Es möge jedoch die Verification auf die Maxima und Minima der beiden Curven beschränkt werden. Bei den übrigen, derselben Abscisse entsprechenden Punkten ist natürlich auf ein ganz genaues Resultat nicht zu rechnen, indem eine kleine Veränderung der Abscisse meistens eine bedeutende Veränderung der Ordinate bedingt. Die Grössen Q, Q', q und q' sind in der folgende Tabelle enthalten. Die letzte Columne giebt die Grösse $\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$, welche gleich 1 sein sollte.

Lad. Curve. $Q = 101.15$ Sc. Th.			Entlad. Curve. $Q' = 202.11$ Sc. Th.		
N:o	q in Sc. Th.	$\frac{q}{Q}$	q' in Sc. Th.	$\frac{q'}{Q'}$	$\frac{q}{Q}+\frac{q'}{Q'}$
1	198.94	1.9668	− 194.32	− 0.9615	1.0053
2	18.23	0.1801	166.18	0.8222	1.0023
3	171.61	1.6965	− 140.43	− 0.6948	1.0017
4	41.94	0.4145	120.01	0.5942	1.0087
5	152.31	1.5059	− 101.43	− 0.5019	1.0040
6	57.90	0.5664	86.80	0.4295	0.9959
7	137.62	1.3605	− 72.84	− 0.3604	1.0001
8	70.03	0.6923	62.47	0.3091	1.0014
9	127.25	1.2581	− 52.39	− 0.2592	0.9989
10	78.62	0.7773	45.17	0.2235	1.0008
11	119.84	1.1843	− 38.06	− 0.1883	0.9960
12	85.00	0.8403	32.72	0.1619	1.0022
13	114.64	1.1333	− 27.07	− 0.1339	0.9994
14	89.28	0.8826	23.94	0.1185	1.0011
15	111.04	1.0977	− 19.47	− 0.0963	1.0014
16	92.86	0.9180	17.03	0.0843	1.0023
17	108.23	1.0700	− 13.89	− 0.0687	1.0013
18	94.98	0.9390	12.59	0.0623	1.0013
19	106.18	1.0498	− 10.11	− 0.0500	0.9998
20	96.87	0.9576	9.10	0.0450	1.0026
21	104.89	1.0369	− 7.17	− 0.0355	1.0014
22	97.96	0.9684	6.67	0.0340	1.0024

Das Mittel der Zahlen der letzten Columne beträgt 1.0014 und ist somit sehr wenig von dem theoretischen Werthe 1 verschieden. Ein noch besseres Resultat bekommt man, wenn man als Achse der Entladungscurve nicht die theoretische Gerade $q' = 0$, sondern die experimentell sich ergebende Gerade $q' = 0.36$ nimmt. Alsdann findet man das Mittel 0.9996. Die experimentell folgende Achse der Ladungscurve ist $Q = 101.11$ und fällt somit fast vollkommen mit der theoretischen Achse $Q = 101.15$ zusammen. Verwendet man bei der Berechnung der Columme $\frac{q}{Q}$ den experimentell folgenden Werth von Q, so wird das betrachtete Mittel genau gleich 1.0000.

4. **Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Reihen von Ladungscurven, welche eine Bestimmung von Uebergangsgrenzen zwischen den verschiedenen Ladungsarten erlauben, sind die folgenden:

N:o 1.

Mit W variirend: die Reihen A a, A b, A c und A d.

Mit W_1 variirend: diejenigen Reihen, welche bezw. von der ersten oder zweiten Curve sämmtlicher einzelnen Reihen a, b, c u. s. w. innerhalb jeder Abtheilung B, C, D und E zu bilden sind.

Die experimentelle Bestimmung der Uebergangsgrenzen in den obigen Reihen ist aus zwei Ursachen wesentlich unsicherer als in den im Abschn. II betrachteten Reihen, nämlich erstens, weil die Anzahl der beobachteten Curven der einzelnen Reihen hier kleiner als dort ist, und zweitens, weil die Ladungscurven nicht gestatten, das bei den Entladungscurven gebrauchte werthvolle Mittel zu gebrauchen, welches in der „Verlängerung" der Curve besteht (Vergl. die Fussnote p. 561). In der That ist auch bei den zu diesem Abschn. gehörenden Curvenaufnahmen den Uebergangsgrenzen absichtlich nicht mehr dieselbe Aufmerksamkeit geschenkt worden wie in dem Abschn. II, wo die Uebereinstimmung zwischen den experimentell folgenden und den berechneten Werthen schon mit der wünschenswerthen Genauigkeit hervorging. Die unten zu gebenden Zahlen können lieber aus dem Gesichtspunkte gefasst werden, dass sie zeigen, dass kein Widerspruch zwischen Theorie und Experiment aus ihnen herzuleiten ist.

Bei der Bestimmung der Grenzwiderstände sind zuerst die aus den Beobachtungen folgenden Werthe abgeschätzt worden, und zwar nur auf 50 Ohm oder 100 Ohm genau, und erst nachher die theoretischen Werthe berechnet worden. Betrachten wir jetzt die einzelnen Reihen.

Für sämmtliche Reihen ist W_2 gleich Null zu nehmen, und kommen somit die Formeln im Art. 20, II a p. 99 zur Anwendung. Bei den Reihen A a, A b, A c und A d ist die Bedingung (278) p. 100

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < 2\,W_1 \tag{4}$$

erfüllt, weshalb nur periodische Ladung und aperiodische Ladung der Art (A) vorhanden sein sollen, wie die Tabellen auch zeigen. Der Grenzwiderstand berechnet sich mittels der Formel

$$W^{(0)} = \frac{L}{C\,W_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}. \tag{5}$$

Die folgende Tabelle giebt die Resultate.

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	$W^{(o)}$ beob. in Ohm	$W^{(o)}$ ber. in Ohm
A a	0.5933	2.0229	7002.7	1150	1125.0
A b	0.5933	2.0229	3500.0	1250	1166.9
A c	0.5933	2.0229	875.4	1450	1418.1
A d	0.5933	2.0229	289.0	grösser als 1800	2098.0

Bei den Reihen, welche aus den ersten oder zweiten Curven von B, C, D oder E gebildet sind, ist die Bedingung (285) p. 101 erfüllt.

(6) $$W < 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Es sollen deshalb nur periodische Ladung und aperiodische Ladung der Art (B) vorhanden sein, was die Tabellen auch bestätigen. Der Grenzwerth von W_1 ist

(7) $$W_1^{(u)} = \frac{L}{C}\frac{1}{W + 2\sqrt{\frac{L}{C}}}.$$

Die Ergebnisse waren folgende:

Reihe	L in Henry	C in Mikrof	W in Ohm	$W_1^{(u)}$ beob. in Ohm	$W_1^{(u)}$ ber. in Ohm
Erste Curven von B.	0.5933	1.0119	3.53	400	382.0
Zweite Curven von B.	0.5933	1.0119	33.9	400	374.6
Erste Curven von C.	0.5933	0.5071	3.53	500	540.0
Zweite Curven von C.	0.5933	0.5071	33.9	500	532.5
Erste Curven von D.	0.1926	2.0229	2.14	100 bis 150	153.8
Zweite Curven von D.	0.1926	2.0229	32.6	100 bis 150	146.5
Erste Curven von E.	0.08875	2.0229	1.59	100 oder kleiner	104.3
Zweite Curven von E.	0.08875	2.0229	32.0	100 oder kleiner	97.3

Alle die obigen Resultate sprechen wie ersichtlich für eine Uebereinstimmung der experimentellen Ergebnisse mit der Theorie, was das Vorhandensein der verschiedenen Ladungsarten und die Grenzen zwischen denselben betrifft.

5. Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven.

Die Oscillationszeit der in diesem Abschn. betrachteten periodischen Ladungscurven berechnet sich mittels der Formel (345) p. 111

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_1}{W_1 + W}} \frac{\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{\left(WW_1 + \frac{L}{C}\right)^2}{W_1(W_1 + W)}}}, \tag{8}$$

wobei jedoch statt der gebrauchten Widerstände W_1 die wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule corrigirten Widerstände W_1' zu nehmen sind (vergl. p. 562).

Die folgenden Zusammenstellungen enthalten die aus den Beobachtungen folgenden und die berechneten Werthe von T, in den verschiedenen Reihen von Ladungscurven.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T' ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
A a N:o 1	7003	5581	3.53	6.931 ± 3.2	6.890	0.6	—
„ N:o 2	„	„	66.96	6.977 ± 25	6.884	1.3	0.7
„ N:o 3	„	„	184.2	7.055	6.935	1.7	1.1
„ N:o 4	„	„	302.8	7.287	7.075	2.9	2.3
„ N:o 5	„	„	489.8	7.790	7.524	3.4	2.8
A b N:o 1	3500	3105	3.53	6.984 ± 9.3	6.908	1.1	—
„ N:o 2	„	„	66.96	7.016 ± 13	6.886	1.9	0.8
„ N:o 3	„	„	184.2	6.960	6.907	0.8	− 0.3
„ N:o 4	„	„	302.7	7.210	7.015	1.7	0.6
„ N:o 5	„	„	489.8	7.810	7.394	5.3	4.2
A c N:o 1	875.4	848.4	3.53	7.315	7.255	0.8	—
„ N:o 2	„	„	66.96	7.190	7.123	0.9	0.1
„ N:o 3	„	„	184.2	6.890	6.961	− 1.0	− 1.8
„ N:o 4	„	„	302.8	7.185	6.889	4.1	3.3

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
B a N:o 1	7002	5606	3.53	4.945 ± 12	4.879	1.3	—
„ N:o 2	„	„	33.95	4.962 ± 13	4.874	1.8	0.5
B b N:o 1	3500	3112	3.54	4.980 ± 9.6	4.904	1.5	—
„ N:o 2	„	„	33.90	4.988 ± 5.2	4.894	1.9	0.4
B c N:o 1	875.2	848.8	3.53	5.557	5.448	1.9	—
„ N:o 2	„	„	33.91	5.390	5.389	0.0	− 1.9

Abth. C $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5071$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
C a N:o 1	7002	5622	3.53	3.499 ± 13	3.462	1.1	—
„ N:o 2	„	„	33.89	3.488 ± 8.1	3.458	0.8	− 0.3
C b N:o 1	3499	3116	3.53	3.530 ± 19	3.499	0.9	—
„ N:o 2	„	„	33.91	3.532 ± 11	3.490	1.2	0.3
C c N:o 1	875.2	849.1	3.53	4.471	4.463	0.2	—
„ N:o 2	„	„	33.92	4.425	4.398	0.6	0.4

Abth. D. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
D a N:o 1	7004	4235	2.14	3.977 ± 2.9	3.924	1.3	—
„ N:o 2	„	„	32.59	3.940 ± 2.6	3.922	0.5	− 0.8
D b N:o 1	3501	2639	2.14	3.992 ± 7.6	3.928	1.6	—
„ N:o 2	„	„	32.64	3.990 ± 9.5	3.922	1.7	0.1
D c N:o 1	875.6	809.5	2.14	4.053 ± 14	3.997	1.4	—
„ N:o 2	„	„	32.65	3.980	3.960	0.5	− 0.9
D d N:o 1	289.1	281.5	2.14	4.775	4.677	2.1	—
„ N:o 2	„	„	32.64	4.665	4.515	3.2	1.1

Abth. E. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
E a N:o 1	7003	2423	1.59	2.703 ± 4.5	2.664	1.4	—
„ N:o 2	„	„	32.02	2.714 ± 28	2.664	2.6	1.2
E b N:o 1	3501	1801	1.59	2.707 ± 1.6	2.666	1.5	—
„ N:o 2	„	„	32.06	2.729 ± 20	2.663	2.4	0.9
E c N:o 1	875.5	708.3	1.59	2.745 ± 8.1	2.690	2.0	—
„ N:o 2	„	„	32.04	2.718 ± 0.9	2.669	1.8	− 0.2
E d N:o 1	289.0	269.1	1.59	3.055	2.885	5.5	—
„ N:o 2	„	„	32.06	2.980	2.803	5.9	0.4

Die Differenzen der Werthe „T beob.“ und „T ber.“ sind ungefähr dieselben wie in den Tabellen des Art. 5, II, vielleicht ein klein wenig grösser. Thatsächlich darf man auch nicht bei den Ladungscurven ein eben so gutes Resultat erwarten wie bei den Entladungscurven, besonders weil man bei den letzteren grössere Ordinatenunterschiede der Maxima und Minima nehmen kann als bei den ersteren, indem die Galvanometerausschläge sowohl positiv als negativ sind, und ferner, weil die Entladungscurven einer „Verlängerung“ fähig sind. Man beachtet jedenfalls, dass fast alle Differenzen „T beob.“ — „T ber.“ in den obigen Tabellen positiv sind. Diese Erscheinung ist wohl gewissen constanten Fehlerquellen, wie z. B. der Unsicherheit in der Zeitbestimmung mittels des Pendelunterbrechers zuzuschreiben. An eine wirkliche Nichtübereinstimmung zwischen den Oscillationszeiten einer Ladungs- und der entsprechenden Entladungscurve ist nicht zu denken, wie schon daraus hervorgeht, dass die nach einander gemachten Messungen bei der Ladungscurve A a N:o 1 und bei der entsprechenden Entladungscurve die Werthe bezw. $T = 6.931 \pm 3.2$ Millisec: und $T = 6.933 \pm 4.9$ Millisec. ergaben.

Die in derselben Weise wie im Art. 5, II p. 565 berechneten relativen Differenzen sind etwas kleiner als die unmittelbaren Differenzen, aber jedenfalls noch überwiegend positiv.

Nach der im Art. 30, II a, p. 115 gegeben Theorie soll innerhalb jeder Reihe A a bis E d für den Werth von W

$$W = \frac{1}{W_1}\frac{L}{C} \tag{9}$$

die Oscillationszeit T das Minimum

$$T_{min} = 2\pi \sqrt{LC} \tag{10}$$

erreichen. Es ist die anfangs mit wachsendem W folgende Abnahme von T sehr bemerkenswerth. Mehrere der obigen Reihen zeigen auch deutlich das Vorhandensein eines Minimums, bei anderen aber scheint es durch mangelnde Genauigkeit der Beobachtungen verdeckt zu sein. Es möge hier noch eine Zusammenstellung der berechneten Werthe von T_{min} und des entsprechenden Widerstandes W gegeben werden.

Reihe	T_{min}	Entspr. W in Ohm	Reihe	T_{min}	Entspr. W in Ohm
A a	6.883	52.55	D a	3.922	224.8
A b	6.883	94.46	D b	3.922	360.8
A c	6.883	345.7	D c	3.922	1176.1
B a	4.868	104.6	D d	3.922	3382.2
B b	4.868	188.4	E a	2.662	181.1
B c	4.868	690.8	E b	2.662	243.7
C a	3.446	208.1	E c	2.662	619.4
C b	3.446	375.4	E d	2.662	1630.3
C c	3.446	1371.9	—	—	—

6. **Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven.** Für die Decremente γ, welche in gewohnter Weise aus den Beobachtungen von Maxima und Minima der Ladungscurven erfolgen, giebt die Theorie, mit der jetzt zulässigen Annahme $W_2 = 0$, (siehe die Formel (346), p. 111)

$$\gamma = M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{WW_1+\frac{L}{C}}{\sqrt{W_1(W_1+W)}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}\frac{\left(WW_1+\frac{L}{C}\right)^2}{W_1(W_1+W)}}}. \tag{11}$$

Es wird auch hier statt W_1 der wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule corrigirte Widerstand W_1' benutzt. Die folgenden Tabellen enthalten die beobachteten und die berechneten Decremente der im Art. 5 betrachteten Ladungscurven.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	7003	5581	3.53	0.07154 ± 6.7	0.07081	1.0
„ N:o 2	„	„	66.96	0.15429 ± 23	0.15054	2.4
„ N:o 3	„	„	184.2	0.31146 ± 54	0.30053	3.5
„ N:o 4	„	„	302.8	0.47958	0.46000	4.1
„ N:o 5	„	„	489.8	0.72683	0.74668	− 2.7
A b N:o 1	3500	3105	3.53	0.12279 ± 33	0.12387	− 0.9
„ N:o 2	„	„	66.96	0.20668 ± 12	0.20340	1.6
„ N:o 3	„	„	184.2	0.35296 ± 69	0.35223	0.2
„ N:o 4	„	„	302.7	0.52947	0.50989	3.7
„ N:o 5	„	„	489.8	0.81643	0.79048	3.2
A c N:o 1	875.4	848.4	3.53	0.45981 ± 116	0.46365	− 0.8
„ N:o 2	„	„	66.96	0.53399 ± 20	0.53790	− 0.7
„ N:o 3	„	„	184.2	0.68087	0.67507	0.8
„ N:o 4	„	„	302.8	0.85210	0.81749	4.1
„ N:o 5	„	„	489.8	1.04968	1.06200	− 1.2

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
B a N:o 1	7002	5606	3.53	0.09696 ± 10	0.09654	0.4
„ N:o 2	„	„	33.95	0.12526 ± 3.9	0.12356	1.4
B b N:o 1	3500	3112	3.54	0.17243 ± 19	0.17224	0.1
„ N:o 2	„	„	33.90	0.19962 ± 24	0.19909	0.3
B c N:o 1	875.2	848.8	3.53	0.68718 ± 13	0.69218	− 0.7
„ N:o 2	„	„	33.91	0.71630	0.71470	0.2

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5071$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	7002	5622	3.53	0.13461 ± 11	0.13408	0.4
„ N:o 2	„	„	33.89	0.15517 ± 23	0.15312	1.3
C b N:o 1	3499	3116	3.53	0.24264 ± 4.3	0.24262	0.0
„ N:o 2	„	„	33.91	0.26348 ± 11	0.26144	0.8
C c N:o 1	872.2	849.1	3.53	1.1223	1.1282	− 0.5
„ N:o 2	„	„	33.92	1.1446	1.1364	0.7

Abth. D. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
D a N:o 1	7004	4235	2.14	0.05481 ± 3.2	0.05447	0.6
„ N:o 2	„	„	32.59	0.12767 ± 33	0.12178	4.6
D b N:o 1	3501	2639	2.14	0.08457 ± 7.4	0.08463	−0.1
„ N:o 2	„	„	32.64	0.15437 ± 34	0.15194	1.6
D c N:o 1	875.6	809.5	2.14	0.27118 ± 24	0.26984	0.5
„ N:o 2	„	„	32.65	0.34263 ± 22	0.33540	2.1
D d N:o 1	289.1	281.5	2.14	0.91395	0.92076	−0.7
„ N:o 2	„	„	32.64	0.92225	0.94384	−2.3

Abth. E. $L = 0.08875$ Henry $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
E a N:o 1	7003	2423	1.59	0.06455 ± 15	0.06420	0.5
„ N:o 2	„	„	32.02	0.16772 ± 39	0.16334	2.6
E b N:o 1	3501	1801	1.59	0.08537 ± 11	0.08466	0.8
„ N:o 2	„	„	32.06	0.18526 ± 118	0.18382	0.8
E c N:o 1	875.5	708.3	1.59	0.20676 ± 85	0.20910	−1.1
„ N:o 2	„	„	32.04	0.30852 ± 197	0.30687	0.5
E d N:o 1	289.0	269.1	1.59	0.58205	0.58103	0.2
„ N:o 2	„	„	32.06	0.70412	0.66890	5.0

Die Uebereinstimmung der beiden Werthe des Decrementes ist mit wenigen Ausnahmen befriedigend. *Die Theorie giebt somit für die Decremente der periodischen Ladungscurven richtige Werthe, vorausgesetzt dass man statt des wirklichen Nebenschlusswiderstandes W_1 einen wegen der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule corrigirten Nebenschlusswiderstand W_1' den Berechnungen zu Grunde legt.*

N:o 1.

IV. Capacität und Selbstinduktion in Parallelschaltung.

1. **Versuchsanordnung.** Die experimentelle Anordnung bei den in diesem Abschnitt beschriebenen Versuchen wird in der Fig. 66 veranschaulicht und ist von der Anordnung im Abschn. III (Fig. 65) hauptsächlich durch die Lage der Accumulatorbatterie E verschieden. Es bezeichnet W den Widerstand des Bahnstückes $MFWJ$, welches den Quecksilbernapf F einschliesst, W_1 den Widerstand des Stückes $MHDEW_1J$ und W_2 den Widerstand des Stückes NW_2BJ. Der Widerstand W_2 blieb klein, gleich etwa 0.06 Ohm. Es sind deshalb die Formeln des Abschnittes IV a statt der allgemeineren Formeln des Abschnittes IV verwendbar.

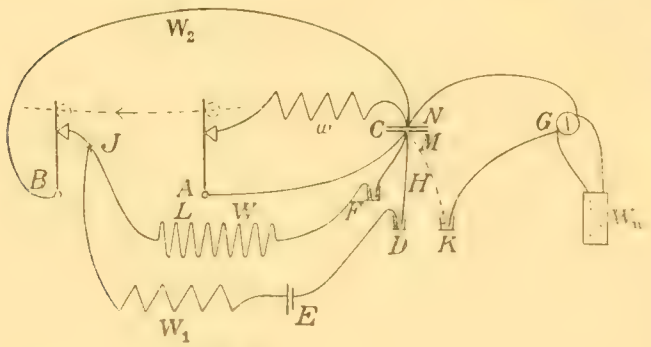


Fig. 66.

Bei einem einzelnen Versuche verbindet man M und D mittels des mit einer Handhabe versehenen Leitungsstückes H und bekommt nach Paar Secunden einen stationären Zustand, in welchem die Ladung des Condensators

$$(1) \qquad C\Pi_0 = \frac{Ww}{WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + (W_1 + W)w} CE = \frac{w}{W_g + w} \frac{W}{W_1 + W} CE \quad \frac{w}{W_g + w} CE'$$

ist und die Stromstärke J den Werth

$$(2) \qquad J_0 = \frac{WE}{WW_1 + WW_2 + W_1W_2 + (W_1 + W)w} = \frac{1}{W_g + w} \frac{W}{W_1 + W} E = \frac{1}{W_g + w} E'$$

hat. Dann wird das Pendel zum Fallen gebracht, der Contact A wird zuerst heruntergeschlagen, und der Condensator ladet sich in der Zwischenzeit bis zum Her-

unterfallen des Contactes B, wonach der Ladungsrest mittels Entladung durch das Galvanometer G gemessen wird.

Die Ladung des Condensators in dem stationären Endzustande ist

$$CE' = \frac{W}{W_1 + W} CE,$$

die der elektromotorischen Kraft E der Accumulatorbatterie entsprechende Ladung CE. Man erhält CE in Scalentheilen, wenn man das Bahnstück W bei F öffnet, den Contact A herunterlässt, die Bahn mittels H schliesst, das Pendel fallen lässt, und durch das Galvanometer entladet. Aus CE folgt CE' durch Multiplikation mit $\frac{W}{W_1 + W}$ und CH_0 durch Multiplikation mit $\frac{w}{W_g + w} \frac{W}{W_1 + W}$.

2. **Aufgenommene Curven. Gegenstand der Untersuchung.** Die aufgenommenen Curven sind unten verzeichnet. Die Coordinaten der Curvenpunkte sind in den Tabellen IV zusammengestellt. Alle Curven sind Ladungscurven.

Abth. A. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a. $W_1 = 6998.4$ Ohm. W: 32.02, 65.02, 182.3, 300.9, 488.0, 809.9, 1937.9 und 3086.5 Ohm.
Reihe b. $W_1 = 3497.8$ Ohm. W: 32.02, 65.02, 182.3, 300.9, 488.0, 809.9, 3086.4 und 6590.1 Ohm.
Reihe c. $W_1 = 874.8$ Ohm. W: 32.02, 65.02, 182.3, 300.9, 488.0, 809.9, 3086.0 und 9213.5 Ohm.
Reihe d. $W_1 = 288.8$ Ohm. W: 1.59, 65.01, 182.3, 300.8, 487.9, 809.9, 3085.6 und 10087.6 Ohm.
Reihe e. $W_1 = 49.82$ Ohm. W: 1.59, 65.02, 182.3, 300.9, 488.0, 809.9, 1130.8, 1614.3 3086.3 und 10089.4 Ohm.

Abth. B. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a. $W_1 = 6998.4$ Ohm. W: 33.56 und 65.56 Ohm.
Reihe b. $W_1 = 3497.8$ „ W: 33.56 und 65.56 „
Reihe c. $W_1 = 874.8$ „ W: 33.56 und 65.56 „
Reihe d. $W_1 = 288.8$ „ W: 2.06 und 33.56 „
Reihe e. $W_1 = 49.82$ „ W: 2.46 und 33.56 „

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a. $W_1 = 6998.4$ Ohm. W: 33.95 und 66.95 Ohm.
Reihe b. $W_1 = 3497.8$ „ W: 33.95 und 66.95 „
Reihe c. $W_1 = 874.8$ „ W: 33.95 und 66.95 „
Reihe d. $W_1 = 288.8$ „ W: 3.51 und 33.95 „
Reihe e. $W_1 = 49.82$ „ W: 3.51 und 33.95 „

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.056$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe a.	$W_1 = 6998.4$ Ohm.	W: 33.95 und 66.95 Ohm.
Reihe b.	$W_1 = 3497.8$ „	W: 33.95 und 66.95 „
Reihe c.	$W_1 = 874.8$ „	W: 33.95 und 66.95 „
Reihe d.	$W_1 = 288.8$ „	W: 3.51 und 33.95 „
Reihe e.	$W_1 = 49.82$ „	W: 3.51 und 33.95 „

Bei dem Vergleiche zwischen Theorie und Experiment sind in diesem Abschnitt folgende Punkte in Betracht gezogen worden.

a) Der Grenzwiderstand zwischen aperiodischer und periodischer Ladung. Art. 3 unten.

b) Die Oscillationszeit bei periodischer Ladung. Art. 4 unten.

c) Das Decrement der gedämpften periodischen Ladungscurven. Art. 5 unten.

3. **Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Die beobachteten Ladungscurven sind zu wenige, um mehr als eine rohe Schätzung des Grenzwiderstandes zwischen den verschiedenen Ladungsarten zu gestatten. Es gilt übrigens das im Art. 4, III p. 582 gesagte.

Es kommen nur die Reihen A a, A b, A c und A d, innerhalb welchen W variirt, in Betracht. Es ist die Bedingung (278) p. 100

$$\sqrt{\frac{L}{C}} < 2\,W_1$$

erfüllt, und der Grenzwiderstand zwischen den beiden vorhandenen Ladungsarten, die periodische und die aperiodische vom Typus (A), berechnet sich mittels der Formel

$$W^{(o)} = \frac{L}{C\,W_1} + 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Reihe	L in Henry	C in Mikrof.	W_1 in Ohm	$W^{(o)}$ beob. in Ohm	$W^{(o)}$ ber. in Ohm
A a	0.08875	2.0229	7003.6	etwa 400	425.2
A b	0.08875	2.0229	3500.4	etwa 400	431.4
A c	0.08875	2.0229	875.4	etwa 450	469.0
A d	0.08875	2.0229	288.9	etwa 550	570.8

Die Untersuchungen in den Art. 3, II p. 552, 4, III p. 581 und diesem Art. sind als ein Ganzes zu fassen, worin die Abänderungen der Grössen L, C, W_1, W und W_2 von Reihe zu Reihe schon ziemlich umfangreich sind. *Das gesammte Material spricht für die Uebereinstimmung der theoretisch berechneten und der experimentell hervorgehenden Uebergangsgrenzen zwischen den verschiedenen Ladungs- oder Entladungsarten.*

4. **Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven.** Für die Oscillationszeit T gilt die Formel (8) p. 584. Die folgenden Tabellen geben die beobachteten und die berechneten Werthe von T, in Millisec. als Einheit.

Abth. A. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
A a N:o 1	7004	2424	32.02	2.698 ± 39	2.663	1.3	—
„ N:o 2	„	„	65.02	2.710 ± 27	2.679	1.1	− 0.2
„ N:o 3	„	„	182.3	2.940	2.894	1.5	0.2
A b N:o 1	3500	1800	32.02	2.718 ± 13	2.663	2.0	—
„ N:o 2	„	„	65.02	2.726 ± 2.3	2.675	1.9	− 0.1
„ N:o 3	„	„	182.3	3.024	2.875	4.9	2.9
A c N:o 1	875.4	708.2	32.02	2.702 ± 16	2.669	1.2	—
„ N:o 2	„	„	65.02	2.755 ± 10	2.662	3.3	2.1
„ N:o 3	„	„	182.3	3.000	2.779	7.4	6.2
A d N:o 1	288.9	268.0	1.59	2.900	2.887	3.9	—
„ N:o 2	„	„	65.01	2.800	2.739	2.2	− 1.7

Abth. B. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
B a N:o 1	7004	4235	33.56	4.008 ± 2.4	3.927	2.0	—
„ N:o 2	„	„	65.56	4.012 ± 41	3.936	1.9	− 0.1
B b N:o 1	3503	2640	33.56	4.017 ± 7.2	3.927	2.2	—
„ N:o 2	„	„	65.56	4.008 ± 10	3.931	1.9	− 0.3
B c N:o 1	875.4	809.3	33.56	4.045 ± 4.7	3.963	2.0	—
„ N:o 2	„	„	65.56	3.975 ± 71	3.940	0.9	− 1.1

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
C a N:o 1	7005	5455	33.95	7.009 ± 40	6.885	1.8	—
„ N:o 2	„	„	66.95	6.996 ± 26	6.884	1.6	−0.2
C b N:o 1	3502	3107	33.95	7.002 ± 22	6.886	1.8	—
„ N:o 2	„	„	66.95	6.987 ± 7.7	6.886	1.4	−0.4
C c N:o 1	875.5	848.5	33.95	7.260 ± 53	7.024	3.2	—
„ N:o 2	„	„	66.95	7.260 ± 47	7.123	1.9	−1.3

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
D a N:o 1	7005	5609	33.95	4.944 ± 9.9	4.874	1.4	—
„ N:o 2	„	„	66.95	4.931 ± 7.3	4.870	1.2	−0.2
D b N:o 1	3502	3113	33.95	4.959 ± 11	4.898	1.3	—
„ N:o 2	„	„	66.95	5.007 ± 20	4.884	2.4	1.1
D c N:o 1	875.5	849.1	33.95	5.501 ± 13	5.389	2.0	—
„ N:o 2	„	„	66.95	5.524 ± 123	5.330	3.5	1.5

In Bezug auf die Differenzen gilt das im Art. 5, III p. 586 gesagte.

Das in den Art. 5, II p. 561, 5, III p. 584 und in diesem Art. enthaltene Material, dessen Hauptbestandtheil jedenfalls Art. 5, II einschliesst, bildet ein Ganzes, welches zeigt, *dass die allgemeine Formel (174) p. 84 für die Oscillationszeit einer periodischen Elektricitätsbewegung in einem verzweigten Stromkreise mit drei Widerständen, einem Selbstinduktionscoefficienten und einer Capacität sowie die daraus hervorgehenden specielleren Formeln mit der Beobachtung übereinstimmende Resultate ergeben, insofern der Widerstand W_1 mit dem wegen der Leitungsfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule corrigirten Widerstand W_1' ersetzt wird.*

5. **Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven.** Für das Decrement γ gilt infolge der Kleinheit des Widerstandes W_2 genügend genau die Formel (11) p. 587, worin wieder W_1 mit W_1' ersetzt werden darf. Die beobachteten und die berechneten Werthe des Decrementes der im vorigen Artikel betrachteten Ladungscurven sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Abth. A. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	7002	2424	32.02	0.16181 ± 125	0.16332	-0.9
„ N:o 2	„	„	65.02	0.27465 ± 375	0.27242	0.8
„ N:o 3	„	„	182.3	0.65790	0.70947	-7.8
A b N:o 1	3500	1800	32.02	0.19146 ± 80	0.18414	3.8
„ N:o 2	„	„	65.02	0.29481 ± 554	0.29253	0.8
„ N:o 3	„	„	182.3	0.78232	0.72678	7.1
A c N:o 1	875.4	708.2	32.02	0.31135 ± 135	0.30683	1.4
„ N:o 2	„	„	65.02	0.42584 ± 546	0.41354	2.9
„ N:o 3	„	„	182.3	0.84896	0.83046	2.2
A d N:o 1	288.9	268.0	1.59	0.56580	0.58384	-3.2
„ N:o 2	„	„	65.01	0.75851	0.76600	-1.0

Abth. B. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
B a N:o 1	4235	4235	33.56	0.12330 ± 45	0.12392	-0.5
„ N:o 2	„	„	65.56	0.19934 ± 26	0.19513	2.1
B b N:o 1	3503	2640	33.56	0.15241 ± 46	0.15393	-1.0
„ N:o 2	„	„	65.56	0.22551 ± 162	0.22494	0.3
B c N:o 1	875.4	809.3	33.56	0.34981 ± 65	0.33744	3.5
„ N:o 2	„	„	65.56	0.40354 ± 124	0.40649	-0.7

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.

Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	7005	5455	33.95	0.11125 ± 42	0.11051	0.7
„ N:o 2	„	„	66.95	0.15137 ± 9.6	0.15207	-0.5
C b N:o 1	3502	3107	33.95	0.16118 ± 15	0.16192	-0.5
„ N:o 2	„	„	66.95	0.20402 ± 12	0.20330	0.4
C c N:o 1	875.5	848.5	33.95	0.49946 ± 243	0.49932	0.0
„ N:o 2	„	„	66.95	0.53510 ± 21	0.53785	-0.5

N:o 1.

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $W_2 = 0.06$ Ohm.						
Num.	W_1 in Ohm	W_1' in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
D a N:o 1	7005	5609	33.95	0.11840 ± 41	0.12350	-4.3
„ N:o 2	„	„	66.95	0.15267 ± 17	0.15283	-0.1
D b N:o 1	3502	3113	33.95	0.19944 ± 48	0.19906	0.2
„ N:o 2	„	„	66.95	0.23032 ± 6.1	0.22816	0.9
D c N:o 1	875.5	849.1	33.95	0.71407	0.71442	0.0
„ N:o 2	„	„	66.95	0.74515	0.73887	0.8

Die Differenzen sind im allgemeinen befriedigend, ihr Mittel beträgt $+0.24$.

Mit den Untersuchungen in den Art. 6, II p. 571, 6, III p. 587 und in diesem Art., welche als ein Ganzes zu betrachten sind, ist der Nachweis gebracht, *dass derjenige theoretische Werth des Decrementes der elektrischen Schwingungen in einem am Ende des vorigen Artikels charakterisirten Stromkreise, welcher aus der Formel (176) p. 84 und den entsprechenden specielleren Formeln hervorgeht, mit dem beobachteten Werthe übereinstimmt, vorausgesetzt wieder, dass statt des Widerstandes* W_1 *der corrigirte Widerstand* W_1' *gebraucht wird.*

V, VI, VII, VIII und IX.

Es sind keine Experimente gemacht worden, welche sich auf die in den oben aufgezählten Abschnitten des theoretischen Theiles betrachteten Anordnungen beziehen würden. Sämmtliche diese Anordnungen entstehen durch Hinzufügung gewisser induktionsfreier Bahnzweige zu den in den Art. I, II, III und IV behandelten Stromkreisen, und sind wegen ihrer Complicirtheit von weniger Interesse.

X. Anordnung mit mehreren Capacitäten in Serienschaltung.

1. **Versuchsanordnung.** Die experimentelle Anordnung, mit welcher die in dem gegenwärtigen Abschnitte zu betrachtenden Ladungscurven aufgenommen wurden, ist in der nebenstehenden Figur 67 veranschaulicht. Sie unterscheidet sich von der in der Fig. 64, Abschn. I p. 517, gezeigten Anordnung eigentlich nur dadurch, dass man hier zwei nach einander geschaltete Condensatoren statt des einen Condensators in der Fig. 64 hat.

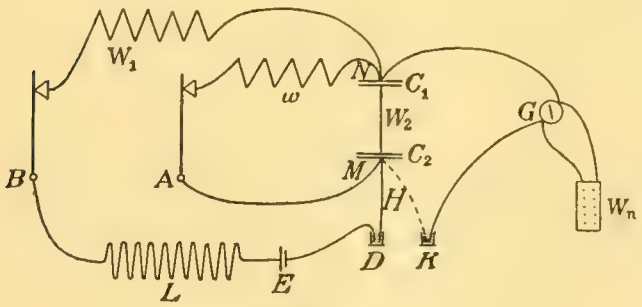


Fig. 67.

Der Widerstand W_2 zwischen den beiden einander zugekehrten Condensatorpolen konnte vergrössert werden. Ferner konnte zwischen denselben Condensatorpolen eine Abtheilung der Spule L, welche die Selbstinduktion erzeugte, eingeschaltet werden, mit oder ohne einem induktionsfreien additiven Widerstande.

Eine weitere Beschreibung der Versuche ist hier nicht erforderlich, indem man in dieser Beziehung einfach auf Art. 3, Abschn. I, zurückzugehen hat.

2. **Aufgenommene Ladungscurven.** Es sind relativ wenige Curven aufgenommen worden, indem ja das Hauptinteresse den beiden Umständen zukommt, ob die zwei Condensatoren mit den Capacitäten C_1 und C_2 zusammen wie ein einziger Condensator von der Capacität $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ wirken, wie die Theorie lehrt, und ob die Vertheilung des totalen Widerstandes W in die beiden Theile W_1 und W_2 sowie der ganzen Induktion L des Stromkreises auf die beiden Bahnstücke nur die Anfangsbedingungen, nicht aber die wesentlicheren Charakteristica des Vorganges

beeinflusst, wie die Oscillationszeit und das Decrement bei periodischer Ladung. Es wurden folgende drei Curvenreihen aufgenommen, bei welchen W_2 in den beiden ersten Reihen verschwindend klein war, und in der dritten Reihe den Haupttheil des Widerstandes des ganzen Stromkreises ausmachte.

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. ($w = 510.3$ Ohm).
$W_2 = 0$. $W_1 = W$.

W: 3.57, 33.98, 67.00, 184.3, 302.9, 489.9, 811.9, 1132.8, 1454.8, 1778.1, 1940.1, 2104.3, 3088.9, 6592.9 und 10093.7 Ohm.

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 0.5063$ Mikrof. ($w = 510.3$ Ohm).
$W_2 = 0$. $W_1 = W$.

W: 3.55, 33.97, 66.98, 184.3, 302.9, 489.9, 811.9, 1132.8, 1454.8, 1777.8, 2101.8, 2438.7, 2598.8, 3088.4, 6591.0 und 10091.0 Ohm.

Abth. C. $C = 0.5933$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. ($w = 510.3$ Ohm).
$W_1 = 3.56$ Ohm.

W_2: 63.44, 180.7 und 299.3 Ohm

Die Coordinaten der beobachteten Punkte dieser Curven finden sich in den Tabellen X A, B und C. Hierzu kommt noch in der Tabelle D eine einzelne Ladungscurve, bei welcher die Induktion $L = 0.5933$ Henry auf beide Theile der Strombahn vertheilt war. Die betreffenden Daten sind für diese Curve:

Curve D. $L = 0.5933$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 + 2M = L - L_1 = 0.4007$ Henry.
$C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. ($w = 510.3$ Ohm).
$W_1 = 1.51$ Ohm. $W_1 = 2.18$ Ohm. $W = W_1 + W_2 = 3.69$ Ohm.

3. **Uebergangsgrenzen zwischen periodischer und aperiodischer Ladung.** Die beiden Reihen A und B erlauben eine Bestimmung des Grenzwiderstandes zwischen der periodischen Ladung und der einen Art aperiodischer Ladung, welche jetzt vorhanden ist. Die Bestimmung, welche ja in diesem Abschnitt von nebensächlicher Bedeutung ist, ist in derselben Weise wie immer früher ausgeführt worden, und zwar so, dass die Grenzwiderstände auf Grund der experimentellen Ergebnisse zuerst geschätzt worden sind und erst nachher der theoretische Werth berechnet worden. Dieser letztere ist

(1) $$W' = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\sqrt{\frac{L(C_1+C_2)}{C_1C_2}}$$

und wird durch Abziehen der im Art. 11, I p. 544 erwähnten Correction $W' - W$ auf W reducirt. Die Correction $W' - W$ wird im Art. 5 unten berechnet. Die Resultate gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

Reihe	X A	X B
$C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$ in Mikrof.	0.5057	0.3375
L in Henry	0.5933	0.5933
Exp. erhaltener W (Ohm)	2100 oder etwas mehr.	etwa 2700
Berechneter W'.	2166	2652
Berechneter W.	2125	2597
Diff. W beob. — W ber. in Proc.	− 1.2	+ 4.0

4. **Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven.**
Für die Oscillationszeit hat man die Formel

(2) $$T = 2\pi\sqrt{LC}\,\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W'^2}},$$

worin

(3) $$C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$

und

(4) $$W' = W + (W' - W)$$

zu nehmen ist. Die Grösse $W' - W$ wird, wie oben erwähnt, im Art. 5 berechnet. Die folgenden Tabellen enthalten eine Zusammenstellung der beobachteten und berechneten Werthe von T, alle in Millisec. als Einheit.

Abth. A. $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 0.5057$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 41.25$ Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8
W in Ohm	3.57	33.98	67.00	184.3	302.9	489.9	811.9	1132.8
W' in Ohm	44.82	75.23	108.25	225.5	344.1	531.2	853.1	1174.0
T beob.	3.437 ± 1.8	3.452 ± 2.2	3.479 ± 4.3	3.505 ± 9.9	3.568 ± 9.4	3.608 ± 32	3.876 ± 36	4.120
T ber.	3.442	3.443	3.446	3.479	3.487	3.550	3.744	4.094
Diff. in Proc.	−0.1	+0.3	+0.9	+0.7	+2.2	+1.6	+3.4	+0.6

Abth. B. $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 0.3375$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 61.82$ Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8
W in Ohm	3.55	33.97	66.98	184.3	302.9	489.9	811.9	1132.8
W' in Ohm	58.27	86.69	121.70	239.0	357.6	544.6	866.6	1187.5
T beob.	2.812 ± 2.2	2.830 ± 3.0	2.862 ± 5.4	2.877 ± 5.4	2.901 ± 15	2.924 ± 9.6	2.981 ± 29	3.197 ± 22
T ber.	2.812	2.813	2.815	2.824	2.838	2.875	2.978	3.140
Diff. in Proc.	0.0	+0.6	+1.6	+1.8	+2.2	+1.7	+0.1	+1.8

Abth. C. $C = 0.5057$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 44.34$ Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3
W in Ohm	67.00	184.3	302.9
W' in Ohm	111.34	228.6	347.2
T beob.	3.475 ± 4.5	3.462 ± 9.2	3.581 ± 5.7
T ber.	3.446	3.461	3.486
Diff. in Proc.	+0.8	0.0	+2.6

Abth. D. $C = 0.5057$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 41.82$ Ohm.

Curve	N:o 1
W in Ohm	3.69
W' in Ohm	45.51
T beob.	3.441 ± 3.1
T ber.	3.442
Diff. in Proc.	0.0

Die Differenzen sind überhaupt befriedigend, für die kleinsten Widerstände des Stromkreises sogar sehr klein. In Bezug auf die Oscillationszeit des periodischen Vorganges ist somit erwiesen, *dass bei zwei nach einander geschalteten Condensatoren die resultirende Capacität gleich* $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ *ist, dass die Formel (2) die Oscillationszeit richtig ergiebt, auch bei grösseren Widerständen, und dass diese Zeit unabhängig von der Vertheilung des Widerstandes und der Induktion im Stromkreise ist.*

5. **Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven.** Für das Decrement gilt die Formel

$$\gamma = M \frac{\pi}{2} W' \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{1 - \frac{1}{4} C W'^2} \quad (5)$$

Innerhalb jeder Abtheilung ist die in den Tabellen im vorigen Art. angegebene Grösse $W' - W$ nach der im Art. 9, I p. 539 dargelegten Methode mittels der Formel (25) aus der ersten Curve der Abtheilung ermittelt worden. Für diese Curve müssen also das beobachtete und das berechnete Decrement genau stimmen. Man bemerke sonst die Uebereinstimmung der Werthe von $W' - W$ in den Abtheilungen A und D mit dem entsprechenden Werthe im Art. 9, I p. 540, Reihe $C_2 L_4$. Für die Abtheilung C oben ist die Uebereinstimmung etwas weniger gut, wahrscheinlich weil der Widerstand bei der ersten Curve schon bedeutend ist, was die Bestimmung unsicherer macht. Für die Abtheilung B würde sich aus den Angaben im Art. 9, I ergeben: $W' - W = 61.50$ Ohm, was mit dem hier gefundenen Werthe 61.82 Ohm in guter Uebereinstimmung ist.

Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate sämmtlicher Decrementsberechnungen.

Abth. A. C 0.5057 Mikrof. L 0.5933 Henry. $W' - W$ 41.25 Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8
W in Ohm	3.57	33.98	67.00	184.3	302.9	489.9	811.9	1132.8
W' in Ohm	44.82	75.23	108.25	225.5	344.1	531.2	853.1	1174.0
γ beob.	0.02823 ± 3.4	0.04844 ± 3.1	0.07000 ± 6.4	0.14832 ± 6.8	0.22398 ± 28	0.34565 ± 115	0.57995	0.88860
γ ber.	0.02823	0.04741	0.06826	0.14361	0.21957	0.34587	0.58451	0.87876
Diff. in Proc.	0.0	+2.1	+2.5	+3.2	+2.0	−0.1	−0.8	+1.1

Abth. B. $C = 0.3375$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 61.82$ Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3	N:o 4	N:o 5	N:o 6	N:o 7	N:o 8
W in Ohm	3.55	33.97	66.98	184.3	302.9	489.9	811.9	1132.8
W' in Ohm	58.27	88.69	121.70	239.0	357.6	544.6	866.6	1187.5
γ beob.	0.03364 ± 2.7	0.05027 ± 3.2	0.06791 ± 4.9	0.13141 ± 11	0.19652 ± 73	0.29159 ± 17	0.48625	0.69582
γ ber.	0.03364	0.04931	0.06635	0.12717	0.18944	0.29019	0.47609	0.68842
Diff. in Proc.	0.0	+ 1.9	+ 2.3	+ 3.2	+ 3.6	+ 0.5	+ 2.1	+ 1.1

Abth. C. $C = 0.5057$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 44.34$ Ohm.

Curve	N:o 1	N:o 2	N:o 3
W in Ohm	67.00	184.3	302.9
W' in Ohm	111.34	228.6	347.2
γ beob.	0.07021 ± 4.7	0.14745 ± 21	0.22143 ± 43
γ ber.	0.07021	0.14478	0.22147
Diff. in Proc.	0.0	+ 1.8	0.0

Abth. D. $C = 0.5057$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $W' - W = 41.82$ Ohm.

Curve	N:o 1
W in Ohm	3.69
W' in Ohm	45.51
γ beob.	0.02866 ± 1.3
γ ber.	0.02866
Diff. in Proc.	0.0

Die Differenzen sind ziemlich befriedigend. Hiermit ist gezeigt, *dass die Theorie der Elektricitätsbewegung in einem Stromkreise mit nach einander geschalteten Condensatoren auch in Bezug auf das Decrement der periodischen Ladungscurven mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate liefert.*

XI. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in beiden Zweigen.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei den Untersuchungen des Abschnitts II, mit der Ausnahme, dass beide Zweige jetzt Spulen mit bedeutender Selbstinduktion enthielten, und zwar die bei früheren Untersuchungen des Verfassers [1]) angewandten Spulen N:o I und N:o II oder Abtheilungen derselben. Die aufgenommenen Curven sind alle Ladungscurven, und ordnen sich zu folgenden Reihen, wobei die Bezeichnungen dieselben wie in der Fig. 42 p. 291 sind.

Reihe A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 2.86$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.04, 181.3, 299.3, 487.0, 808.7, 1129.6, 3082.0 und 10080.5 Ohm.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.00, 64.02, 181.3, 299.2, 486.8, 808.7, 3081.9 und 10080.1 Ohm.

Reihe C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.08875$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 0.92$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.01, 64.03, 181.3, 299.3, 486.9, 3082.1 und 10080.6 Ohm.

Reihe Da. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 26.03$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.00 und 64.02 Ohm.

Reihe Db. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 50.94$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.01 und 64.02 Ohm.

---

[1]) Untersuchungen über elektrische Schwingungen I, Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIII p. 56 N:o 1.

Reihe Dc. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 145.98$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.04, 181.3, 299.3, 486.9, 1129.7, 1451.6, 1774.8, 3082.1 und 10080.7 Ohm.

Reihe Dd. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 289.92$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.02, 181.3, 299.2, 486.8, 1129.5, 1451.3, 1774.4, 3081.4 und 10078.5 Ohm.

Reihe De. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 875.9$ Ohm ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.02, 181.3, 299.3, 486.8, 1129.6, 1775.6, 3082.0 und 9205.0 Ohm.

Reihe Df. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 6999.5$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.02, 181.3, 299.3, 486.8, 808.8, 1129.6, 2100.9 und 3082.1 Ohm.

Reihe Ea. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 33.22$ Ohm. $W_2 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.00 und 64.01 Ohm.

Reihe Eb. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 52.27$ Ohm. $W_2 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 31.00 und 64.01 Ohm.

Reihe F. $C = 1.0119$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59, 64.04, 181.3, 299.3, 486.9, 808.9, 3082.3 und 10081.5 Ohm.

Reihe G. $C = 0.5071$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.
$W_1 = 2.82$ Ohm. $W_2 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 0.59 und 64.04 Ohm.

2. **Curven, welche die Bedingung $W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0$ erfüllen.** Nach der Untersuchung im Art. 1, XI p. 293 ist bei Erfülltsein der Bedingung $W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0$ der Ladungsvorgang derselbe wie in einem unverzweigten Stromkreise mit dem Selbstinduktionscoefficienten

$$L - \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \tag{1}$$

und dem Widerstande

$$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}. \tag{2}$$

In dem periodischen Falle werden dann das Potential des Condensators und die Stromstärken durch regelmässig gedämpfte Sinuslinien dargestellt, in dem aperio-

dischen Falle entstehen die den Vorgang veranschaulichenden Curven durch Addition von zwei Exponentialcurven. Eine Prüfung dieser Ergebnisse der Theorie erlauben die Curven der Reihe A, indem für dieselben das Verhältniss

$$\frac{W_2 L_1}{W_1 L_2} = 1.011$$

ist, und somit nur um 1.1 Procent von der Einheit differiert.

Wir beschränken uns besonders auf die periodischen Curven sowie auf die Bestimmung des Grenzwerthes des Widerstandes W beim Uebergang von dem periodischen zu dem aperiodischen Ladungsvorgange.

3. **Charakter der periodischen Ladungscurven.** Wenn die experimentell sich ergebenden Schwingungscurven regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind, so haben sie eine geradlinige Achse, welche nach der im Art 4, I p. 522 dargestellten Methode berechnet werden kann. Die in dieser Weise berechneten Achsen der Curven der Reihe A sind in folgender Tabelle enthalten. Der Berechnung sind unverbesserte Werthe der Ladungsextreme zu Grunde gelegt (vergl. p. 520).

Achsen der periodischen Curven der Reihe A, in Sc. Th.

Curve N:o 1.				Curve N:o 2.		Curve N:o 3.		Curve N:o 4.	
N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse
2	100.79	19	100.98	2	100.69	2	100.80	2	100.58
3	100.77	20	100.92	3	100.80	3	100.67	3	100.53
4	100.76	21	100.84	4	100.86	4	100.58	—	—
5	100.80	22	100.82	5	100.81	5	100.64	—	—
6	100.87	23	100.79	6	100.84	—	—	—	
7	100.86	24	100.79	7	100.89	—		—	
8	100.75	25	100.82	8	100.85	—	—	—	
9	100.66	26	100.82	9	100.84			—	—
10	100.70	27	100.84	10	100.86	—	—	—	—
11	100.76	28	100.86	11	100.79	—	—	—	
12	100.73	29	100.83	—	—	—	—	—	
13	100.81	30	100.76	—	—	—		—	
14	100.86	31	100.68	—	—	—	—	—	
15	100.77	32	100.76	—	—	—	—	—	
16	100.81	33	100.93	—	—	—	—	—	—
17	100.92	34	100.91	—	—	—	—	—	—
18	100.96	35	100.77	—	—	—		—	

N:o 1.

Die Tabelle zeigt, dass die betrachteten *Achsen wirklich gerade Linien sind.* Als Mittellagen erhält man für die verschiedenen Curven in Ordnung: 100.81, 100.82, 100.67 und 100.56 Sc. Th., während die beobachteten Werthe der vollen Ladung bez. 100.90, 100.92, 100.92 und 100.92 Sc. Th. sind.

Dass die einzelnen Wellen der Curve entlang eine constante Länge besitzen, zeigen die untenstehenden Zahlen, welche sich auf die Curven N:o 1 und N:o 2 beziehen und die in Millisec. ausgedrückten Abstände T zwischen den successiven experimentell erhaltenen Schnittpunkten der aufsteigenden Curve mit ihrer Achse angeben.

Curve N:o 1.						Curve N:o 2.	
Lage.	T	Lage.	T	Lage.	T	Lage.	T
$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	4.901	$12\frac{1}{2}\cdots 14\frac{1}{2}$	4.801	$24\frac{1}{2}\cdots 26\frac{1}{2}$	4.903	$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	4.910
$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	4.979	$14\frac{1}{2}\cdots 16\frac{1}{2}$	4.856	$26\frac{1}{2}\cdots 28\frac{1}{2}$	4.837	$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	5.027
$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	4.956	$16\frac{1}{2}\cdots 18\frac{1}{2}$	4.865	$28\frac{1}{2}\cdots 30\frac{1}{2}$	4.853	$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	4.960
$6\frac{1}{2}\cdots 8\frac{1}{2}$	4.810	$18\frac{1}{2}\cdots 20\frac{1}{2}$	4.732	$30\frac{1}{2}\cdots 32\frac{1}{2}$	4.925	$6\frac{1}{2}\cdots 8\frac{1}{2}$	4.995
$8\frac{1}{2}\cdots 10\frac{1}{2}$	4.946	$20\frac{1}{2}\cdots 22\frac{1}{2}$	4.773	$32\frac{1}{2}\cdots 34\frac{1}{2}$	4.770	$8\frac{1}{2}\cdots 10\frac{1}{2}$	4.910
$10\frac{1}{2}\cdots 12\frac{1}{2}$	4.937	$22\frac{1}{2}\cdots 24\frac{1}{2}$	4.952	—	—	—	—

Die kleinen Abweichungen zwischen den einzelnen Werthen von T, welche bei der Curve N:o 1 4.9 Procent und bei der Curve N:o 2 2.3 Procent zwischen dem grössten und kleinsten Werthe ausmachen, zeigen, dass die Schnittpunkte der Curve mit ihrer Achse nicht sehr genau zu haben sind. Ist die Anzahl dieser Schnittpunkte nicht allzu klein, d. h. die Schwingungscurve nicht allzu stark gedämpft, so erhält man jedenfalls im Mittel eine ziemlich genaue Bestimmung der Oscillationszeit.

Wir führen noch für die Curven N:o 1 und 2 die nach der Formel (21) p. 522 berechneten Decremente der einzelnen Halboscillationen an, und zwar die Mitteln Π, welche je von vier Extremen abhängen.

Curve N:o 1.						Curve N:o 2.	
Halbosc.	Decr.	Halbosc	Decr.	Halbosc.	Decr.	Halbosc.	Decr.
2 ··· 3	0.02240	6 ··· 7	0.02250	10 ··· 11	0.02192	2 ··· 3	0.14245
3 ··· 4	0.02242	7 ··· 8	0.02278	11 ··· 12	0.02259	3 ··· 4	0.14226
4 ··· 5	0.02268	8 ··· 9	0.02270	12 ··· 13	0.02344	4 ··· 5	0.14023
5 ··· 6	0.02268	9 ··· 10	0.02203	13 ··· 14	0.02298	5 ··· 6	0.13848

Curve N:o 1.						Curve N:o 2.	
Halbosc.	Decr.	Halbosc.	Decr.	Halbosc	Decr.	Halbosc.	Decr.
14 ··· 15	0.02139	21 ··· 22	0.02240	28 ··· 29	0.02264	6 ··· 7	0.13502
15 ··· 16	0.02103	22 ··· 23	0.02184	29 ··· 30	0.02390	7 ··· 8	0.13908
16 ··· 17	0.02178	23 ··· 24	0.02178	30 ··· 31	0.02206	8 ··· 9	0.14574
17 ··· 18	0.02236	24 ··· 25	0.02227	31 ··· 32	0.02059	9 ··· 10	0.14141
18 ··· 19	0.02281	25 ··· 26	0.02292	32 ··· 33	0.02254	10 ··· 11	0.13072
19 ··· 20	0.02331	26 ··· 27	0.02316	—	—	—	—
20 ··· 21	0.02313	27 ··· 28	0.02288	—	—	—	—

Aus der Tabelle geht hervor, dass *das Decrement der Schwingungscurve entlang einen constanten Werth beibehält.*

Zu dem vollständigen Nachweise, dass die Schwingungscurve eine regelmässig gedämpfte Sinuslinie ist, gehört noch eine Untersuchung der Wellenform. Zeichnet man einige der ersten Wellen einer Curve auf, so findet man auch mit der Genauigkeit, welche die Anzahl der beobachteten Curvenpunkte gestattet, dass die Form der Wellen die theoretische ist.

Es ist somit der Nachweis geführt, dass *die experimentell erhaltenen Schwingungscurven, welche die Bedingung* $W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0$ *erfüllen, regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind.*

4. **Oscillationszeit und Decrement.** Für den periodischen Vorgang in einem Stromkreise mit der Capacität C, dem Selbstinduktionscoefficienten

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

und dem Widerstande

$$W = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}$$

hat man nach den Formeln im Abschn. I des theor. Theiles die Oscillationszeit

(3) $$T = \frac{2\pi \sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L} W^2}}$$

und das Decrement

(4) $$\gamma = M \frac{\pi}{2} W \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L} W^2}}.$$

Mit $L_1 = 0.5917$ Henry und $L_2 = 0.5933$ Henry ergiebt sich $L = 0.2962$ Henry. Die folgende Tabelle enthält die nach den Formeln (3) und (4) berechneten Werthe von T und γ sowie die nach der im Art. 4, I gegebenen Methode erhaltenen experimentellen Werthe dieser Grössen, alles für die periodischen Curven der Reihe A. Die Einheit für T ist die Millisec.

Reihe A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.2962$ Henry. $\frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} = 1.45$ Ohm.

N:o	W' in Ohm.	T beob.	T ber.	γ beob.	γ ber.
1	2.04	4.859 ± 4.3	4.864	0.02242 ± 1.0	0.00364
2	65.49	4.972 ± 7.6	4.866	0.13935 ± 40	0.11679
3	181.78	5.044 ± 35	5.009	0.36563 ± 227	0.33359
4	299.75	5.527 ± 51	5.286	0.61048 ± 360	0.58074

Die Tabelle zeigt, dass die beobachteten und berechneten Werthe der Oscillationszeit T leidlich übereinstimmen, während die beiden Werthe des Decrementes γ wesentlich verschieden sind und erst bei wachsendem W' sich an einander nähern. Dieselbe Erscheinung ist aus dem unverzweigten Stromkreise bekannt, und eine Übereinstimmung ergab sich dann durch Inbetrachtnahme der Leitungsfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule [1]). Zu dem Zwecke musste statt des Widerstandes W' des Stromkreises ein Widerstand

$$W'' = W' + \frac{L}{C}\frac{1}{r}$$

gebraucht werden, wobei r den Widerstand der isolirenden Schichten der Spule vertritt. Setzen wir ähnlicherweise jetzt

$$W''' = W'' + \frac{L}{C}\frac{1}{r} = W'' + w$$

und berechnen den Zusatzwiderstand w aus dem ersten beobachteten Decremente $\gamma = 0.02242$, so finden wir

$$w = 10.54 \text{ Ohm}$$

und erhalten alsdann mittels der Formeln

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W'''^2}}. \tag{6}$$

[1]) Art 10, I p. 541 oben.

(7) $$\gamma = M\frac{\pi}{2}W''\sqrt{\frac{C}{L}}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{4}\frac{C}{L}W''^2}}$$

neue Werthe von T und γ, wie die folgende Tabelle zeigt.

Reihe A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.2962$ Henry. $w = 10.54$ Ohm.							
N:o	W'' in Ohm.	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	12.58	4.859 ± 4.3	4.865	-0.1	0.02242 ± 1.0	0.02243	0.0
2	76.03	4.972 ± 7.6	4.888	$+1.7$	0.13935 ± 40	0.13621	$+2.3$
3	192.32	5.044 ± 35	5.026	$+0.4$	0.36563 ± 227	0.35421	$+3.1$
4	310.29	5.527 ± 51	5.321	$+3.9$	0.61048 ± 360	0.60510	$+0.9$

Die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe von T und von γ ist jetzt ungefähr dieselbe wie bei früheren Untersuchungen dieser Art, somit ziemlich befriedigend. Eine Hauptfrage ist noch, ob der Werth $w = 10.54$ Ohm sich organisch erklären lässt. Für die Spule N:o II ($L = 0.5933$ Henry) hat man als Mittel der drei nahe gleichen Bestimmungen, welche den Werthen von $W' - W$ in den Reihen C_5L_4, C_3L_4 und C_2L_4 p. 539 zu Grunde liegen, $r = 28040$ Ohm. Für die Spule N:o I ($L = 0.5917$ Henry) ist zwar eine besondere Decrements- bez. r-Bestimmung nicht ausgeführt worden, aber eine aufgenommene Entladungscurve zeigt, dass r mit sehr grosser Annäherung gleich dem für die Spule N:o II gefundenen Werthe ist, was auch mit der fast identischen Construction beider Spulen im Einklang ist. Nimmt man deshalb für beide Spulen $r = 28040$ Ohm an, so berechnet sich hieraus mit $C = 2.0229$ Mikrof. und $L = 0.2962$ Henry

$$W'' - W' = w = \frac{L}{C}\frac{2}{r} = 10.44 \text{ Ohm.}$$

Dieser Werth stimmt sogar genauer als man erwarten konnte mit dem direct erhaltenen Werthe 10.54 Ohm. Für eine ganz genaue Uebereinstimmung ist der Spule N:o I der Isolationswiderstand $r = 27660$ Ohm beizulegen.

Die obigen Berechnungen von T und γ setzen voraus, dass die Gl. $W_1L_2 - W_2L_1 = 0$ genau erfüllt ist. Es fragt sich nun, ob ein merkbarer Einfluss auf T und γ dadurch ensteht, dass diese Gl. nur annäherungsweise befriedigt wird. Um hierüber zu entscheiden benutzt man für eine strengere Berechnung die Formeln (40) p. 297, sowie (217) und (218) p. 331. Die Gl. (33) p. 296 hat, wie unten im Art. 6 gezeigt wird, solange W_1 und W_2 klein sind, sehr genau die reelle Wurzel $\frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$. Alsdann geben die erste und dritte Gl. (40) p. 297

$$2a = \frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2} - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}, \tag{8}$$

$$a^2 + \beta^2 = \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}, \tag{9}$$

und nachdem a und β berechnet worden sind, erhält man mittels der Formeln p. 331 für T und γ

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{10}$$

$$\gamma = M\pi \frac{a}{\beta}. \tag{11}$$

Eine ausgeführte Berechnung zeigt, dass der Einfluss auf T sehr klein ist. Auf γ ist der Einfluss bei den grösseren Werthen des Widerstandes W etwas merkbarer. Die folgende Tabelle enthält die auf das Decrement γ sich beziehenden Resultate, wobei der wirkliche Widerstand W überall mit $w = 10.54$ Ohm vergrössert worden ist, um die Wirkung der Leitfähigkeit der Isolation der Induktionsspule mit in Rechnung zu bringen.

Reihe A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry. $w = 10.54$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc
1	0.59	11.13	2.87	2.91	0.02242 ± 1.0	0.02243	0.0
2	64.04	74.58	2.88	2.92	0.13935 ± 40	0.13621	+2.3
3	181.33	191.87	2.88	2.92	0.36563 ± 227	0.35562	+2.7
4	299.30	309.84	2.88	2.92	0.61048 ± 360	0.60744	+0.5

Die Uebereinstimmung ist hier noch etwas besser wie in der Tabelle p. 609.

5. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Wenn die Relation $W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0$ erfüllt ist, so hat man zur Bestimmung des Grenzwiderstandes

$$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2},$$

bei welchem die oscillirende Ladung in eine nicht oscillirende übergeht, die Formel

$$W' = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\sqrt{\frac{L_1 L_2}{C(L_1 + L_2)}}. \tag{12}$$

Die Berechnung giebt für die Reihe A

$$W' = 754 \text{ Ohm}.$$

Vor der Berechnung wurde dieser Grenzwiderstand aus den Beobachtungen geschätzt und gleich 750 bis 800 Ohm gefunden.

Für eine genauere Berechnung des Grenzwiderstandes W' muss man auf die Gl. (33) p. 296 zurückgehen und die Discriminante D gleich Null setzen. Weil die Gl. (33) jetzt die Wurzel

$$r = \lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} = 4.8946 \frac{1}{\text{Sec.}}$$

hat, so kann man diese Wurzel absondern und erhält dann die Gl. zweiten Grades

$$r^2 - r\left\{3.3761\ W + 4.8944\right\} + 10^6 \times 1.6689 = 0,$$

worin W in Ohm zu rechnen ist. Setzt man die Discriminante dieser Gl. gleich Null, so findet man

$$W = 762.4 \text{ Ohm}$$

und schliesslich

$$W' = W + \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} = 763.9 \text{ Ohm},$$

somit einen von dem obigen Werthe wenig verschiedenen Werth.

6. **Curven mit kleinen Widerständen W_1 und W_2.** Wenn die Widerstände W_1 und W_2 klein im Verhältniss zu $\sqrt{\frac{L_1}{C}}$ und $\sqrt{\frac{L_2}{C}}$ sind, so hat die Gl. (33) p. 296 unabhängig von dem Werthe von W sehr nahe die Wurzel

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}, \tag{13}$$

wie man sieht, indem man die Gl. (33) in die Form

$$W\left(r - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\right)\left(r - \frac{1}{WC}\right) - \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}\left\{r^3 - \left(\frac{W_1}{L_1} + \frac{W_2}{L_2}\right) r^2 + \frac{W_1 W_2}{L_1 L_2} r\right\} = 0 \tag{14}$$

setzt. Betrachtet man nämlich $\frac{W_1}{L_1}$ und $\frac{W_2}{L_2}$ als kleine Grössen erster Ordnung und nimmt r ebenfalls klein von der ersten Ordnung, so enthält das erste oder Productglied Terme von der ersten und zweiten Ordnung, das Klammerglied dagegen nur Terme von der dritten Ordnung. Wird das Glied dritter Ordnung vernachlässigt, so folgt also die oben angesetzte Wurzel.

Ersetzt man in der Gl. (14) r im Klammergliede und im zweiten Factor des Productgliedes mit $\frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$, so ergiebt sich die Wurzel noch genauer in der Form

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}\left\{1 + \frac{(W_1 L_2 - W_2 L_1)^2}{(L_1 + L_2)^2\left[\frac{L_1 + L_2}{C} - W(W_1 + W_2)\right]}\right\}. \tag{15}$$

Nach Art. 6, XI p. 308 ist das Vorhandensein einer Wurzel $\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$ ein Zeichen dafür, dass die Exponentialachse in eine gerade Linie übergeht, und somit die periodischen Curven regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind, während die nicht oscillirenden Curven die geometrischen Summen von zwei Exponentialcurven sind. Dies muss somit jetzt mit grosser Annäherung der Fall sein.

Kleine Werthe von W_1 und W_2 kommen ausser in der schon behandelten Reihe A von Ladungscurven in den Reihen B, C, F und G vor. Es sollen alle jene Reihen jetzt näher behandelt werden.

7. **Charakter der periodischen Ladungscurven, welche kleinen Werthen der Widerstände W_1 und W_2 entsprechen.** Um die periodischen Ladungscurven näher zu untersuchen, wählen wir besonders die Reihen C und F heraus, welche sich durch die Werthe wenigstens einer der Grössen C, L_1 und L_2 von der Reihe A und von einander unterscheiden.

Für die Curvenachsen berechnet man nach der im Art. 4, I p. 522 dargestellten Methode folgende Tabelle.

Reihe C.						Reihe F.					
Curve N:o 1.		Curve N:o 2.		Curve N:o 3.		Curve N:o 1.		Curve N:o 2.		Curve N:o 3.	
N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.
2	100.91	2	100.95	2	101.04	2	100.51	2	100.79	2	100.50
3	101.14	3	100.93	3	101.00	3	100.59	3	100.66	3	100.47
4	101.25	4	100.94	4	101.04	4	100.65	4	100.55	4	100.40
5	101.13	5	100.98	5	100.93	5	100.61	5	100.46	5	100.43
6	101.05	6	100.93	—	—	6	100.60	6	100.47	—	—
7	101.02	7	100.78	—	—	7	100.65	7	100.54	—	—
8	101.00	8	100.72	—	—	8	100.64	8	100.51	—	—
9	101.03	9	100.85	—	—	9	100.58	9	100.46	—	—
10	101.10			—	—	10	100.56	—	—	—	—
11	101.17	—	—	—	—	11	100.66	—	—	—	—
12	101.22	—	—	—	—	12	100.75	—	—	—	—
13	101.21	—	—	—	—	13	100.68	—	—	—	
14	101.09	—	—	—	—	14	100.61	—	—	—	—
15	101.00	—	—	—	—	15	100.67	—	—	—	—
16	101.11	—	—	—	—	16	100.60	—	—	—	—
17	100.97	—	—	—	—	17	100.46	—	—	—	—
18	100.90			—		18	100.51	—	—		—
19	100.94			—	—	19	100.63	—		—	—
				—	—	20	100.60		—	—	—
				—		21	100.56	—	—	—	—
—			—	—	—	22	100.59		—	—	—
	—	—	—	—		23	100.63	—	—		—
—	—	—		—	—	24	100.64	—	—	—	—
—				—	—	25	100.53	—	—	—	—

Die Curvenachsen sind somit gerade Linien, wie die Theorie verlangt. Für die volle Ladung hat man bei der Reihe C in Ordnung die Werthe 101.00, 100.96 und 100.93 Sc. Th., bei der Reihe F bez. 100.58, 100.61 und 100.55 Sc. Th., während für die Achsen im Mittel erhalten wird: bei der Reihe C bez. 101.07, 100.89 und 101.00 Sc. Th., bei der Reihe F bez. 100.60, 100.56 und 100.45 Sc. Th. Die Lage der Achse stimmt also mit aller wünschbaren Genauigkeit mit dem Werthe der vollen Ladung überein.

Für die zwei ersten Curven der Reihen C und F sind die in Millisec. gerechneten Werthe der einzelnen Wellenlängen in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Reihe C.				Reihe F.			
Curve N:o 1.		Curve N:o 2.		Curve N:o 1.		Curve N:o 2.	
Lage.	*T*	Lage.	*T*	Lage.	*T*	Lage.	*T*
$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	2.463	$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	2.569	$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	2.472	$\frac{1}{2}\cdots 2\frac{1}{2}$	2.448
$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	2.548	$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	2.553	$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	2.454	$2\frac{1}{2}\cdots 4\frac{1}{2}$	2.485
$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	2.517	$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	2.445	$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	2.475	$4\frac{1}{2}\cdots 6\frac{1}{2}$	2.494
$6\frac{1}{2}\cdots 8\frac{1}{2}$	2.533	—	—	$6\frac{1}{2}\cdots 8\frac{1}{2}$	2.404	$6\frac{1}{2}\cdots 8\frac{1}{2}$	2.400
$8\frac{1}{2}\cdots 10\frac{1}{2}$	2.542	—	—	$8\frac{1}{2}\cdots 10\frac{1}{2}$	2.407	$8\frac{1}{2}\cdots 10\frac{1}{2}$	2.470
$10\frac{1}{2}\cdots 12\frac{1}{2}$	2.520	—	—	$10\frac{1}{2}\cdots 12\frac{1}{2}$	2.456	—	—
$12\frac{1}{2}\cdots 14\frac{1}{2}$	2.474	—	—	$12\frac{1}{2}\cdots 14\frac{1}{2}$	2.475	—	—
$14\frac{1}{2}\cdots 16\frac{1}{2}$	2.461	—	—	$14\frac{1}{2}\cdots 16\frac{1}{2}$	2.410	—	—
$16\frac{1}{2}\cdots 18\frac{1}{2}$	2.525	—	—	$16\frac{1}{2}\cdots 18\frac{1}{2}$	2.435	—	—
—	—	—	—	$18\frac{1}{2}\cdots 20\frac{1}{2}$	2.440	—	—
—	—	—	—	$20\frac{1}{2}\cdots 22\frac{1}{2}$	2.442	—	—
—	—	—	—	$22\frac{1}{2}\cdots 24\frac{1}{2}$	2.412	—	—

Es geht hieraus hervor, dass die einzelnen Wellen einer Schwingungscurve der Curve entlang constant bleiben.

Für die Decremente der einzelnen Halboscillationen der obigen vier Curven erhält man die folgende Tabelle, in welcher die Mitteln II (vergl. p. 522) aufgeführt sind.

N:o 1.

Reihe C.				Reihe F.			
Curve N:o 1		Curve N:o 2		Curve N:o 1		Curve N:o 2	
Halbosc.	Decr.	Halbosc.	Decr.	Halbosc.	Decr.	Halbosc.	Decr.
2 ··· 3	0.04792	2 ··· 3	0.15899	2 ··· 3	0.03615	2 ··· 3	0.15555
3 ··· 4	0.04831	3 ··· 4	0.15875	3 ··· 4	0.03612	3 ··· 4	0.15531
4 ··· 5	0.04649	4 ··· 5	0.16128	4 ··· 5	0.03569	4 ··· 5	0.15418
5 ··· 6	0.04554	5 ··· 6	0.16243	5 ··· 6	0.03549	5 ··· 6	0.15295
6 ··· 7	0.04602	6 ··· 7	0.15583	6 ··· 7	0.03590	6 ··· 7	0.15546
7 ··· 8	0.04650	7 ··· 8	0.15877	7 ··· 8	0.03618	—	—
8 ··· 9	0.04670	—	—	8 ··· 9	0.03587	—	—
9 ··· 10	0.04632	—	—	9 ··· 10	0.03592	—	—
10 ··· 11	0.04600	—	—	10 ··· 11	0.03664	—	—
11 ··· 12	0.04529	—	—	11 ··· 12	0.03637	—	—
12 ··· 13	0.04558	—	—	12 ··· 13	0.03497	—	—
13 ··· 14	0.04766	—	—	13 ··· 14	0.03479	—	—
14 ··· 15	0.05075	—	—	14 ··· 15	0.03644	—	—
15 ··· 16	0.05069	—	—	15 ··· 16	0.03761	—	—
16 ··· 17	0.04378	—	—	16 ··· 17	0.03602	—	—
17 ··· 18	0.04045	—	—	17 ··· 18	0.03377	—	—
18 ··· 19	0.04479	—	—	18 ··· 19	0.03483	—	—
—	—	—	—	19 ··· 20	0.03745	—	—
—	—	—	—	20 ··· 21	0.03766	—	—
—	—	—	—	21 ··· 22	0.03636	—	—
—	—	—	—	22 ··· 23	0.03643	—	—
—	—	—	—	23 ··· 24	0.03616	—	—

Das Decrement bleibt, wie die Zahlen der Tabelle zeigen, unverändert längs der ganzen Schwingungscurve.

Die bis jetzt betrachteten Eigenschaften der Schwingungscurven, welche kleinen Werthen der Widerstände W_1 und W_2 entsprechen, d. h. die geradlinige Achse, die constante Wellenlänge und das unveränderliche Decrement, gehören alle der regelmässig gedämpften Sinuslinie an. Eine Nachprüfung der Wellenform zeigt ferner, *dass die Curven in der That regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind.*

8. **Oscillationszeit und Decrement.** Für die Berechnung der Oscillationszeit T und des Decrementes γ bei kleinen Werthen der Widerstände W_1 und W_2 benutzt man zuerst die Formel (15), erhält alsdann a aus der Formel

$$2a = \frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2} - \lambda, \tag{16}$$

ferner β mittels der Gl.

$$\lambda(a^2 + \beta^2) = \frac{W_1 + W_2}{C L_1 L_2}, \tag{17}$$

und schliesslich die gesuchten Grössen

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{18}$$

$$\gamma = Ma\frac{\pi}{\beta} = Ma\frac{T}{2}. \tag{19}$$

Weil aber W_1 und W_2 in sämmtlichen Fällen der Reihen B, C, F und G sehr klein sind, so fällt in der Formel (15) das Correctionsglied weg, und man kommt genau auf die p. 610 auseinandergesetzte Methode zurück. Die experimentellen Werthe von F und γ folgen in gewohnter Weise (siehe Art. 4, I). Bei sämmtlichen theoretischen Berechnungen ist nicht der wirkliche Widerstand W in dem unverzweigten Theile des Stromkreises genommen worden, sondern ein so gewählter, mit einem constanten Betrage w vergrösserter Widerstand $W + w$, dass das Decrement für die erste Curve jeder Reihe mit dem beobachteten Werthe stimmt. Der Zusatzwiderstand hängt dann von der Leitfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule ab. Die nachfolgenden Tabellen enthalten für die Curven der Reihen B, C, F und G die auf die Oscillationszeit T sich beziehenden Resultate.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 8.79$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W + w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
1	0.59	9.38	2.87	1.51	3.424 ± 1.6	3.399	+0.7	0.0
2	31.00	39.79	2.85	1.50	3.477 ± 2.9	3.409	+2.0	+1.3
3	64.02	72.81	2.86	1.51	3.494 ± 16	3.432	+1.8	+1.1
4	181.27	190.06	2.86	1.31	3.758 ± 2.9	3.638	+3.2	+2.5
5	299.23	308.02	2.86	1.51	4.170 ± 127	4.159	+0.3	−0.4

N:o 1.

Reihe C. $C = 0.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.08875$ Henry. $w = 11.37$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
1	0.59	11.96	2.87	0.94	2.516 ± 2.9	2.484	+1.3	0.0
2	31.01	42.38	2.87	0.94	2.530 ± 9.0	2.498	+1.3	0.0
3	64.03	75.40	2.87	0.94	2.631 ± 12	2.532	+3.8	+2.5
4	181.29	192.66	2.87	0.94	2.738 ± 106	2.860	−4.4	−5.7

Reihe F. $C = 1.0119$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 17.74$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 ln Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc.
1	0.59	18.33	2.87	1.52	2.439 ± 2.0	2.410	+1.2	0.0
2	64.04	81.78	2.87	1.52	2.463 ± 4.1	2.424	+1.6	+0.4
3	181.31	199.05	2.87	1.52	2.580 ± 12	2.499	+3.1	+1.9
4	299.27	317.01	2.87	1.52	2.675 ± 17	2.655	+0.7	−0.5

Reihe G. $C = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 34.975$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.	Relative Diff. in Proc
1	0.59	35.565	2.86	1.51	1.726 ± 2.5	1.707	+1.1	0.0
2	64.04	99.015	2.87	1.51	1.747 ± 5.3	1.713	+1.9	+0.8

Die Tabellen zeigen eine Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen der Oscillationszeit. Die absoluten Differenzen sind jedoch meistens positiv und zeigen in den verschiedenen Reihen einen etwas analogen Gang, was auf irgend welche constante Ursachen der Abweichungen deuten würde. Im allgemeinen sind aber die absoluten Differenzen nicht grösser als bei früheren Untersuchungen dieser Art. Die relativen Differenzen, welche sich auf das Verhältniss der einzelnen Curven jeder Reihe zu der ersten Curve beziehen, sind ganz befriedigend und geben im Mittel + 0.3.

Für die Decremente erhält man folgende Zusammenstellungen.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 8.79$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	0.59	9.36	2.87	1.51	0.02797 ± 2.9	0.02796	0.0
2	31.00	39.79	2.85	1.50	0.10874 ± 20	0.10549	+3.0
3	64.02	72.81	2.86	1.51	0.19344 ± 42	0.19088	+1.3
4	181.27	190.06	2.86	1.51	0.53723 ± 709	0.52108	+3.0
5	299.23	308.02	2.86	1.51	0.90945	0.96220	−5.2

Reihe C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.08875$ Henry. $w = 11.37$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc
1	0.59	11.96	2.87	0.94	0.04651 ± 7.1	0.04652	0.0
2	31.01	42.38	2.87	0.94	0.15983 ± 44	0.15371	+3.8
3	64.03	75.40	2.87	0.94	0.28037 ± 87	0.27339	+2.5
4	181.29	192.66	2.87	0.94	0.74706	0.78078	−4.5

Reihe F. $C = 1.0119$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 17.74$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	0.59	18.33	2.87	1.52	0.03595 ± 3.8	0.03594	0.0
2	64.04	81.78	2.87	1.52	0.15445 ± 12	0.15107	+2.2
3	181.31	199.05	2.87	1.52	0.38015 ± 113	0.37468	+1.4
4	299.27	317.01	2.87	1.52	0.64643 ± 400	0.63218	+2.2

Reihe G. $C = 0.5071$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 34.975$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	0.59	35.565	2.86	1.51	0.04739 ± 3.7	0.04742	0.1
2	64.04	99.015	2.87	1.51	0.13204 ± 18	0.12882	+2.4

Die beobachteten und berechneten Decremente γ stimmen zwar so ziemlich mit einander überein. Jedoch kommen, wenn man von denjenigen Curven absieht, welche den grössten Werthen des Widerstandes W entsprechen, noch bei den Curven 2 der Reihen B und C ungewöhnlich grosse Abweichungen vor, was vielleicht dem Umstande zuzuschreiben ist, dass der entsprechende Widerstand W aus zwei induktionsfreien Zweigen hergestellt war und möglicherweise etwas stärker dämpfend gewirkt hat als ein ebenso grosser unverzweigter Widerstand.

Es soll noch eine zweite Decrementsberechnung mitgetheilt werden, wobei kein Zusatzwiderstand zu dem Widerstande W hinzugefügt worden ist, wohl aber die Widerstände W_1 und W_2 mit constanten Zusatzwiderständen w_1 und w_2 bez. vergrössert wurden. Ein solches Verfahren scheint schon an und für sich natürlicher als des oben gebrauchte, ferner werden wir, was noch wichtiger ist, die Widerstände w_1 und w_2 aus früher bekannten Ergebnissen beziehlich die Leitungsfähigkeit der Isolation der Spulenabtheilungen berechnen, und somit auf das genaue Uebereinstimmen des beobachteten und berechneten Decrementes bei der ersten Curve in jeder Reihe verzichten.

Für die Reihe B erhält man mittels des auf p. 609 gefundenen Isolationswiderstandes $r_1 = 27660$ Ohm

$$w_1 = \frac{L_1}{C}\frac{1}{r_1} = 10.57 \text{ Ohm},$$

und aus der Tabelle $C_5 L_2$ p. 540 $w_2 = 8.89$ Ohm, entsprechend

$$r_2 = \frac{L_2}{C}\frac{1}{w_2} = 10710 \text{ Ohm}.$$

Für die Reihe C hat man denselben Werth $w_1 = 10.57$ Ohm und nach der Tabelle $C_5 L_1$ p. 540 $w_2 = 11.84$ Ohm, entsprechend $r_2 = 3705$ Ohm.

Für die Reihe F ergeben sich die mit dem Capacitätenverhältniss 2.0229 : 1.0119 multiplicirten Widerstände w_1 und w_2 der Reihe B d. h. $w_1 = 21.14$ Ohm und $w_2 = 17.77$ Ohm, und für die Reihe G sind die Widerstände w_1 und w_2 der Reihe B ähnlicherweise mit dem Verhältniss 2.0229 : 0.5071 zu multipliciren, was als Resultat $w_1 = 42.19$ Ohm und $w_2 = 35.46$ giebt.

Für die Berechnung von γ hat man alsdann die Formeln

$$2\alpha + \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2} = \frac{W_1 + w_1 + W}{L_1} + \frac{W_2 + w_2 + W}{L_2}, \tag{20}$$

$$\alpha^2 + \beta^2 = \frac{L_1 + L_2}{C L_1 L_2}. \tag{21}$$

$$\gamma = M\alpha\frac{\pi}{\beta}. \tag{22}$$

Die Resultate sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 8.89$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	0.59	13.44	10.40	0.02797 ± 2.9	0.02764	+1.1
2	31.00	13.42	10.39	0.10874 ± 20	0.10525	+3.2
3	64.02	13.43	10.40	0.19344 ± 42	0.19064	+1.4
4	181.27	13.43	10.40	0.53723 ± 709	0.52081	+3.1
5	299.23	13.43	10.40	0.90945	0.96184	−5.8

Reihe C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.08875$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 11.84$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc
1	0.59	13.44	12.78	0.04651 ± 7.1	0.04551	+2.1
2	31.01	13.44	12.78	0.15983 ± 44	0.15268	+4.5
3	64.03	13.44	12.78	0.28027 ± 87	0.27233	+2.9
4	181.29	13.44	12.78	0.74706	0.77918	−4.3

Reihe F. $C = 1.0119$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 21.14$ Ohm. $w_2 = 17.77$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
1	0.59	24.01	19.29	0.03595 ± 3.8	0.03643	−1.3
2	64.04	24.01	19.29	0.15445 ± 12	0.15157	+1.9
3	181.31	24.01	19.29	0.38015 ± 113	0.37517	+1.3
4	299.27	24.01	19.29	0.64643 ± 400	0.63286	+2.1

Reihe G. $C = 0.5071$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 42.19$ Ohm. $w_2 = 35.46$ Ohm.

N:o	W in Ohm	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc
1	0.59	45.05	36.97	0.04739 ± 3.7	0.04940	−4.2
2	64.04	45.06	36.97	0.13204 ± 18	0.13082	+0.9

N:o 1.

Die Differenzen sind zwar nicht besser wie bei der früheren Berechnung, geben aber ein Zeugniss dafür ab, dass man auch bei einem verzweigten Stromkreise berechtigt ist für einen Zweig, welcher eine Induktionsspule mit dem Induktionscoefficienten L und dem Isolationswiderstande r enthält, einen additiven Widerstand $\frac{L}{C}\frac{1}{r}$ einzuführen, um den Einfluss der Leitfähigkeit der Isolation in Rechnung zu bringen.

9. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Die beobachteten Ladungscurven in den Reihen B, C und F erlauben eine rohe Schätzung desjenigen Widerstandes W, bei welchem die periodische Curve in eine nicht oscillirende übergeht. Für die Berechnung des Grenzwiderstandes W hat man die Discriminante D der cubischen Gleichung (33) p. 296 gleich Null zu setzen, was verhältnissmässig leicht durchzuführen ist, indem man die reelle Wurzel

$$\lambda = -\frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$$

oder noch genauer den Wurzelwerth (15) im Voraus kennt. In den Reihen B, C und F hat man bez.

$$\lambda = 5.5719, \quad \lambda = 5.5991, \quad \lambda = 5.5973$$

und erhält nach Abspaltung dieser Wurzel die quadratischen Gleichungen

(B) $$r^2 - \{7.1017 + 6.8821\ W\}\, r + 10^6 \times 3.4021 = 0\,,$$

(C) $$r^2 - \{9.8428 + 12.958\ W\}\, r + 10^6 \times 6.4035 = 0\,,$$

(F) $$r^2 - \{7.0449 + 6.8821\ W\}\, r + 10^6 \times 6.8011 = 0\,,$$

worin der in Ohm gerechnete Werth des Widerstandes W zu gebrauchen ist. Setzt man die Discriminanten dieser Gleichungen gleich Null, so ergeben sich quadratische Gleichungen in Bezug auf W, deren positive Wurzeln die Werthe

(B) $W = 535.0$ Ohm,

(C) $W = 389.8$ Ohm,

(F) $W = 756.9$ Ohm

bekommen.

Die aus den Beobachtungen vor der Berechnung abgeschätzten Grenzwiderstände sind bez.

(B) $W =$ etwa 550 Ohm,

(C) $W =$ etwa 400 Ohm.

(F) $W =$ etwa 700 Ohm,

und stimmen somit befriedigend mit den berechneten Werthen überein.

10. **Die Curven der Abtheilung E.** Bei den überall sechs Curven der Reihen E a und E b ist zwar der eine der Widerstände W_1 und W_2 wesentlich grösser als in den Reihen B, C, F und G, aber die Gl. (33) p. 296 besitzt immer noch eine von

$$\lambda \quad \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$$

sehr wenig verschiedene Wurzel. Man berechnet nämlich für den zweiten Term des Klammerausdruckes in der Formel 15 p. 611, d. h. für

$$\frac{(W_1 L_2 - W_2 L_1)^2}{(L_1 + L_2)^2 \left[\frac{L_1 + L_2}{C} - W(W_1 + W_2)\right]}$$

bei den Curven der Reihe E a den Werth 0.000081 und bei den Curven der Reihe E b bez. die Werthe 0.00035, 0.00036 und 0.00036 für die erste, zweite und dritte Curve. Die Ladungscurven sollen deshalb fast unmerkbar wenig von regelmässig gedämpften Sinuslinien verschieden sein, was auch die Beobachtungen bestätigen. Die schärfste Probe hierüber geben die Curvenachsen ab. In der etwas weiter unten folgenden Tabelle sind die nach der im Art. 4, I p. 522 gegebenen Methode berechneten Punkte der Achsen der betreffenden Curven enthalten.

Die Curvenachsen sind der Tabelle nach mit der Achse der Abscissen parallele gerade Linien, wie das Vorhandensein einer Wurzel

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2}$$

der cubischen Gleichung verlangt. Jedoch beobachtet man besonders bei den Curven der Reihe E b eine Tendenz zu einer schwachen Abnahme der Ordinate des Achsenpunktes mit wachsender Zeit, eine Erscheinung, welche bei den Curven der Reihen D klar hervortreten wird.

Die in Scalentheilen ausgedrückten Werthe der vollen Ladung des Condensators sind für die Curven der Reihe E a in Ordnung 100.92, 100.91 und 100.90, und für die Curven der Reihe E b bez. 100.90, 100.92 und 100.90. Bei den Curven N:o 2 und N:o 3 der Reihe E b ist folglich eine sehr schwache Erhöhung der Achse über der Geraden für die volle Ladung bemerkbar.

Die Beobachtungen geben ferner eine der Curve entlang constante Oscillationszeit, ein der Curve entlang unveränderliches Decrement sowie die Sinusform für die einzelnen Wellen, was alles hier nicht näher ausgeführt werden soll.

N:o 1.

Reihe E a.						Reihe E b.					
Curve N:o 1.		Curve N:o 2.		Curve N:o 3.		Curve N:o 1.		Curve N:o 2.		Curve N:o 3.	
N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.
2	100.89	2	101.07	2	100.82	2	101.17	2	101.32	2	101.17
3	100.84	3	101.07	3	100.86	3	101.12	3	101.27	3	101.12
4	100.82	4	100.92	4	100.97	4	101.24	4	101.21	4	101.19
5	100.84	5	100.82	5	100.95	5	101.31	5	101.17	5	101.21
6	100.95	6	100.82	—	—	6	101.20	6	101.17	—	—
7	100.98	7	100.86	—	—	7	101.13	7	101.14	—	—
8	100.83	8	100.86	—	—	8	101.08	8	101.07	—	—
9	100.75	9	100.90	—	—	9	100.98	9	101.02	—	—
10	100.79	10	100.97	—	—	10	100.95				
11	100.81	11	100.92	—	—	11	100.89	—	—	—	—
12	100.87	—	—	—	—	12	100.83				
13	100.97	—	—	—	—	13	100.86	—	—	—	—
14	100.73	—	—	—	—	14	100.89	—			
15	100.73	—	—	—	—	15	100.88	—	—	—	—
16	100.85	—	—	—	—	16	100.79	—	—	—	—
17	100.91	—	—	—	—	17	100.67				
18	100.77	—	—	—	—	18	100.66	—			
19	100.66	—	—	—	—	19	100.71				
20	100.73	—	—	—	—	20	100.80	—	—	—	—
21	100.82	—	—	—	—	21	100.91				
22	100.86	—	—	—	—	22	100.92	—	—	—	—
23	100.81	—	—	—	—	23	100.82	—			
24	100.75	—									
25	100.87	—									
26	100.87	—	—	—	—	—	—			—	
Mittel:	100.83		100.92		100.90		100.94		101.17		101.17

11. **Oscillationszeit und Decrement.** Für die Berechnung der Oscillationszeit und des Decrementes der Ladungscurven der Reihen E a und E b dienen die Formeln (16), (17), (18) und (19) p. 615, wobei für λ der Werth (15) p. 611 zu gebrauchen ist, und W_1 mit $W_1 + w_1 = W_1 + \frac{L_1}{C}\frac{1}{r_1}$, W_2 mit $W_2 + w_2 = W_2 + \frac{L_2}{C}\frac{1}{r_2}$ zu ersetzen sind, um die Leitfähigkeit der Isolation der Induktionsspule in Rechnung zu bringen. Die beobachteten Werthe von T und γ bestimmt man genau wie bei den Reihen A, B, C, F und G. Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate. Für w_1 und w_2 sind dieselben Werthe wie in der Reihe B p. 619 benutzt worden.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 8.89$ Ohm.

N:o	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff in Proc.
E a N:o 1	38.00	10.40	0.59	3.430 ± 4.3	3.408	+0.6
„ N:o 2	37.97	10.39	31.00	3.488 ± 14	3.418	+2.0
„ N:o 3	37.98	10.39	64.01	3.489 ± 14	3.441	+1.4
E b N:o 1	62.90	10.39	0.59	3.440 ± 15	3.408	+0.9
„ N:o 2	62.89	10.39	31.00	3.472 ± 8.3	3.419	+1.5
„ N:o 3	62.88	10.39	64.01	3.527 ± 30	3.443	+2.4

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 8.89$ Ohm.

N:o	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
E a N:o 1	38.00	10.40	0.59	0.03179 ± 3.7	0.03159	+0.6
„ N:o 2	37.97	10.39	31.00	0.11401 ± 15	0.10907	+4.3
„ N:o 3	37.98	10.39	64.01	0.19970 ± 14	0.19950	+0.1
E b N:o 1	62.90	10.39	0.59	0.03539 ± 3.7	0.03540	−0.0
„ N:o 2	68.89	10.39	31.00	0.11717 ± 10	0.11319	+3.4
„ N:o 3	62.88	10.39	64.01	0.20657 ± 9.7	0.19892	+3.7

Die Uebereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werthen sowohl für T wie auch für γ ist etwa ebenso genau wie bei den früheren Untersuchungen. Man beachtet, dass die Werthe „T beob." grösser als die Werthe „T ber." ausgefallen sind, wie es fast immer früher gewesen und was wahrscheinlich theilweise auf einen constanten Fehler bei der Zeitbestimmung mittels des Pendelunterbrechers beruhen möchte. Bemerkenswerth ist die sehr gute Uebereinstimmung bei den Decrementen für die erste Curve der beiden Reihen E a und E b. Die bedeutende Abweichung in den Werthen von γ bei der zweiten Curve beider Reihen ist möglicherweise der für die zweite Curve der Reihen B und C (p. 618) angenommenen Ursache zuzuschreiben.

12. **Curven mit einem grossen Widerstande W_2.** Wenn der Widerstand W_2 unendlich gross genommen wird, d. h. wenn man den betreffenden Bahnzweig bricht und somit den verzweigten Stromkreis in einen unverzweigten verwandelt, so bekommt die Gl. (33) p. 296 eine unendlich grosse Wurzel, während die beiden übrigen Wurzeln einer Gleichung zweiten Grades genügen. Nimmt man W_2 statt

unendlich gross nur gross, so erhält man eine grosse Wurzel der Gl. (33), welche bei einer ersten Annäherung den Werth

$$\lambda = \frac{W_2}{L_2} \tag{23}$$

besitzt. Ein genauerer Werth ergiebt sich durch Einsetzung in die Gl. (33) einer nach Potenzen von $\frac{1}{W_2}$ fortschreitenden Reihe und nachherige Bestimmung der Coefficienten der Reihe. Bis zu dem Gliede mit $\frac{1}{W_2^2}$ fortschreitend findet man in dieser Weise

$$\lambda = \frac{W_2}{L_2}\left\{1 + \frac{W}{W_2} + \frac{L_2}{L_1}\left(W^2 - \frac{L_1}{C}\right)\frac{1}{W_2^2} + \frac{L_2}{L_1^2}W\left[(L_2 - L_1)\,W^2 + L_2\,W\,W_1 + \frac{L_1(L_1 - 2L_2)}{C}\right]\frac{1}{W_2^3}\right\}. \tag{24}$$

Die einem grossen Werthe von W_2 entsprechenden oscillirenden Ladungscurven müssen annähernd regelmässig gedämpfte Sinuslinien sein, wie der Versuch auch bestätigt. Für die Berechnung der Oscillationszeit und des Decrementes leitet man aus der ersten und letzten Formel (40) p. 297 und dem Werthe (24) der einzigen reellen Wurzel der Gl. (33) die folgenden Formeln ab

$$2\alpha = \frac{W + W_1}{L_1} + \frac{1}{L_1}\left(\frac{L_1}{C} - W^2\right)\frac{1}{W_2} + \frac{W}{L_1^2}\left[(L_1 - L_2)\,W^2 - L_2\,W\,W_1 + \frac{L_1(2L_2 - L_1)}{C}\right]\frac{1}{W_2^2}, \tag{25}$$

$$\lambda(\alpha^2 + \beta^2) = \frac{W_1 + W_2}{C L_1 L_2}, \tag{26}$$

und hat

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{27}$$

$$\gamma = M\alpha\frac{\pi}{\beta} = M\alpha\frac{T}{2}. \tag{28}$$

13. **Charakter der periodischen Ladungscurven, welche einem grossen Werthe des Widerstandes W_2 entsprechen.** Zum Nachweise, dass die oscillirenden Ladungscurven bei einem grossen Werthe des Widerstandes W_2 sehr annähernd regelmässig gedämpfte Sinuslinien sind, sollen aus den Reihen D e und D f p. 604, in welchen W_2 gross ist, bez. die erste und die zwei ersten Curven ausgegriffen werden, und die Ordinaten ihrer nach der gewöhnlichen Methode berechneten Achsen sowie die Werthe des Decrementes γ entlang der Curve gegeben werden.

Curve D e N:o 1.				Curve D f N:o 1.				Curve D f N:o 2.			
N:o	Achse.	Halbosc.	Decr.	N:o	Achse.	Halbosc.	Decr.	N:o	Achse.	Halbosc.	Decr.
2	100.77	2 ··· 3	0.46663	2	100.93	2 ··· 3	0.07073	2	100.62	2 ··· 3	0.15564
3	100.79	3 ··· 4	0.46175	3	101.01	3 ··· 4	0.07070	3	100.63	3 ··· 4	0.15457
4	100.87	4 ··· 5	0.46128	4	100.89	4 ··· 5	0.07100	4	100.73	4 ··· 5	0.15407
5	100.89	—	—	5	100.89	5 ··· 6	0.07045	5	100.75	5 ··· 6	0.15490
—			—	6	100.97	6 ··· 7	0.06988	6	100.71	6 ··· 7	0.15497
	—	—	—	7	100.94	7 ··· 8	0.07005	7	100.68	7 ··· 8	0.15554
—	—	—	—	8	100.86	8 ··· 9	0.07049	8	100.69	8 ··· 9	0.15843
–	—	—	--	9	100.81	9 ··· 10	0.07073	9	100.76	9 ··· 10	0.15584
—	—	—	—	10	100.72	10 ··· 11	0.06989	10	100.81	10 ··· 11	0.14525
–		—	–	11	100.62	11 ··· 12	0.06862	11	100.75	—	—
	—		—	12	100.68	12 ··· 13	0.06951	—	—	—	—
			—	13	100.80	13 ··· 14	0.07064	—	—	—	-
-			—	14	100.82	14 ··· 15	0.07009	—	—	—	—
	-		—	15	100.76	15 ··· 16	0.07206	—	—	—	—
	- -	—	—	16	100.70	16 ··· 17	0.07559	—	—	—	—
	—		—	17	100.83	17 ··· 18	0.07194	—	—	—	—
—		—	—	18	101.00	18 ··· 19	0.06271	—	—	—	
—	-	—	—	19	100.94	—	—	—	—	—	
Mittel	100.83	—	—	—	100.84	—	—	—	100.71	—	—

Die Tabellen zeigen, dass die Curvenachsen gerade Linien sind und dass das Decrement der Curve entlang constant bleibt. Für die volle Ladung hat man bei den drei Curven in Ordnung die Werthe in Sc. Th.: 100.90, 100.89 und 100.92, welche Zahlen befriedigend mit den obigen Mitteln für die Achsenlage übereinstimmen.

14. **Oscillationszeit und Decrement.** Bei der Berechnung der Oscillationszeit T und des Decrementes γ benutzt man statt der wirklichen Widerstände W_1 und W_2 in den beiden Stromzweigen die vergrösserten Widerstände

$$W_1 + w_1 = W_1 + \frac{L_1}{C}\frac{1}{r_1} \quad \text{und} \quad W_2 + w_2 = W_2 + \frac{L_2}{C}\frac{1}{r_2},$$

und zwar sollen für w_1 und w_2 dieselben Werthe wie oben p. 618 und 623, d. h. $w_1 = 10.57$ Ohm und $w_2 = 8.89$ Ohm, genommen werden. Der im Art. 12 oben angegebene Rechnungsgang, wobei die Entwickelung (25) benutzt wird, ereignet sich

sehr gut für die oscillirenden Curven der Reihe D f. Bei den Curven der Reihe D e ist aber die Convergenz der Entwickelung (25) weniger gut, weshalb zuerst die reelle Wurzel λ der Gl. (33) p. 296 mittels successiver Approximationen berechnet wurde und nachher mittels der ersten Formel (40) p. 297 die Grösse

$$2a = \frac{W + W_1}{L_1} + \frac{W + W_2}{L_2} - \lambda \tag{29}$$

ermittelt worden ist. Alsdann kommen die Formeln (26), (27) und (28) zur Anwendung. Die folgenden Tabellen enthalten sämmtliche Resultate.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 8.89$ Ohm.

N:o	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	W in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
D e N:o 1	13.43	885.3	0.59	6.846 ± 41	6.711	+ 2.0
„ N:o 2	13.43	885.3	64.02	7.187 ± 18	7.164	+ 0.3
„ N:o 3	13.43	885.3	181.27	8.230	8.093	+ 1.6
„ N:o 4	13.44	885.4	299.25	9.250	9.139	+ 1.2
D f N:o 1	13.44	7008.9	0.59	6.872 ± 4.3	6.888	− 0.2
„ N:o 2	13.43	7008.8	64.02	7.022 ± 28	6.944	+ 1.1
„ N:o 3	13.43	7008.8	181.27	7.134 ± 75	7.129	+ 0.1
„ N:o 4	13.44	7008.9	299.25	7.635 ± 71	7.415	+ 2.9
„ N:o 5	13.44	7008.9	486.84	8.360 ± 200	8.139	+ 2.6

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w_1 = 10.57$ Ohm. $w_2 = 8.89$ Ohm.

N:o	$W_1 + w_1$ in Ohm	$W_2 + w_2$ in Ohm	W in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
D e N:o 1	13.43	885.3	0.59	0.46235 ± 35	0.46182	+ 0.1
„ N:o 2	13.43	885.3	64.02	0.56021 ± 407	0.55771	+ 0.4
„ N:o 3	13.43	885.3	181.27	0.72565 ± 780	0.72588	− 0.0
„ N:o 4	13.44	885.4	299.25	0.89470	0.89132	+ 0.4
D f N:o 1	13.44	7008.9	0.59	0.07033 ± 8.2	0.07040	− 0.1
„ N:o 2	13.43	7008.8	64.02	0.15503 ± 15	0.15096	+ 2.6
„ N:o 3	13.43	7008.8	181.27	0.30540 ± 52	0.30278	+ 0.9
„ N:o 4	13.44	7008.9	299.25	0.46756 ± 197	0.46448	+ 0.7
„ N:o 5	13.44	7008.9	486.84	0.77042	0.75977	+ 1.4

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ist ziemlich befriedigend, bei den Decrementen mit wenigen Ausnahmen sogar sehr gut.

15. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Zum Zwecke der Bestimmung der Grenze zwischen den beiden Ladungsarten bei unveränderten Werthen der Grössen C, L_1, L_2, W_1 und W_2, muss die Gl. $D=0$ (p. 298) in Bezug auf W aufgelöst werden. Sie soll deshalb als eine Gleichung vierten Grades in Bezug auf W geordnet werden, und jeder Coefficient soll ferner nach wachsenden Potenzen von $\frac{1}{W_2}$ entwickelt werden, indem ja jetzt nur grosse Werthe von W_2 in Betracht kommen. Setzt man

$$\left(\frac{L_1 L_2}{W_2}\right)^4 D = H_0 W^4 + H_1 W^3 + H_2 W^2 + H_3 W + H_4 \tag{30}$$

und ferner, für $i=0$, 1, 2, 3 und 4,

$$H_i = H_{i0} + H_{i1}\frac{1}{W_2} + H_{i2}\frac{1}{W_2^2} + H_{i3}\frac{1}{W_2^3} + H_{i4}\frac{1}{W_2^4}, \tag{31}$$

so berechnet sich

$$H_{00}=0, \quad H_{01}=0,$$

$$H_{02}=(L_1+L_2)^2; \quad H_{03}=2(L_1+L_2)^2 W_1; \quad H_{04}=(L_1+L_2)^2 W_1^2.$$

$$H_{10}=0; \quad H_{11}=2L_1(L_1-L_2); \quad H_{12}=2(3L_1^2-L_1L_2+2L_2^2)W_1;$$

$$H_{13}=2(2L_1^2-L_1L_2+3L_2^2)W_1^2-2\frac{(L_1+L_2)^3}{C}; \quad H_{14}=2W_1\left\{L_2(L_2-L_1)W_1^2-\frac{(L_1+L_2)^3}{C}\right\}.$$

$$H_{20}=L_1^2; \quad H_{21}=6L_1(L_1-L_2)W_1; \quad H_{22}=2(3L_1^2-5L_1L_2+3L_2^2)W_1^2-2\frac{L_1(L_1+L_2)(4L_1+L_2)}{C};$$

$$H_{23}=6W_1\left\{L_2(L_2-L_1)W_1^2-\frac{(L_1+L_2)(L_1^2+L_2^2)}{C}\right\};$$

$$H_{24}=L_2^2W_1^4-2\frac{L_2(L_1+L_2)(L_1+4L_2)}{C}W_1^2+\frac{(L_1+L_2)^4}{C^2}.$$

$$H_{30}=2W_1L_1^2; \quad H_{31}=2L_1\left\{(2L_1-3L_2)W_1^2+\frac{L_1(4L_2-5L_1)}{C}\right\};$$

$$H_{32}=2W_1\left\{L_2(2L_2-3L_1)W_1^2-\frac{L_1(3L_1^2-4L_1L_2+2L_2^2)}{C}\right\};$$

$$H_{33}=2\left\{L_2^2W_1^4-\frac{L_2(2L_1^2-4L_1L_2+3L_2^2)}{C}W_1^2+\frac{L_1(L_1+L_2)^2(L_1+4L_2)}{C^2}\right\};$$

$$H_{34}=2L_2W_1\left\{\frac{L_2(4L_1-5L_2)}{C}W_1^2+\frac{(L_1+L_2)^2(L_2+4L_1)}{C^2}\right\};$$

$$H_{40} = L_1^2 W_1^2 - 4\frac{L_1^3}{C}; \quad H_{41} = -2 W_1 L_1 \left\{ L_2 W_1^2 + \frac{L_1(L_1 - 4L_2)}{C} \right\};$$

$$H_{42} = L_2^2 W_1^4 - 2\frac{L_1 L_2 (L_1 + L_2)}{C} W_1^2 + \frac{L_1^2}{C^2}(L_1^2 + 20 L_1 L_2 - 8 L_2^2);$$

$$H_{43} = 2 L_2 W_1 \left\{ \frac{L_2(4L_1 - L_2)}{C} W_1^2 + \frac{L_1(4L_1^2 - 19 L_1 L_2 + 4 L_2^2)}{C^2} \right\};$$

$$H_{44} = -L_2 \left\{ 4\frac{L_2^2}{C} W_1^4 - \frac{L_2(L_2^2 + 20 L_1 L_2 - 8 L_1^2)}{C^2} W_1^2 + 4\frac{L_1(L_1 + L_2)^3}{C^3} \right\}.$$

Mit Anwendung der Constantenwerthe

$$C = 2.0229 \text{ Mikrof.} = 2.0229 \times 10^{-15} \text{ abs. Einh.}$$

$$L_1 = 0.5917 \text{ Henry} = 0.5917 \times 10^9 \text{ abs. Einh.}, \quad L_2 = 0.1926 \text{ Henry} = 0.1926 \times 10^9 \text{ abs. Einh.}$$

$$W_1 = 13.44 \text{ Ohm} = 13.44 \times 10^9 \text{ abs. Einh.},$$

sowie für die Reihe D e

$$W_2 = 885.3 \text{ Ohm} = 885.3 \times 10^9 \text{ abs. Einh.}$$

und für die Reihe D f

$$W_2 = 7008.9 \text{ Ohm} = 7008.9 \times 10^9 \text{ abs. Einh.}$$

berechnet man als Gleichungen $D = 0$ bez. für

(D e) $$W^4 - [2.20386] W^3 - [6.08912] W^2 - [8.79131] W - [11.38865] = 0,$$

(D f) $$W^4 + [3.72381] W^3 - [7.41778] W^2 - [9.89205] W - [13.50853] = 0,$$

worin nicht die Coefficienten selber, sondern ihre Logaritmen angegeben sind und W in Ohm zu rechnen ist. Beide Gleichungen haben nur eine positive reelle Wurzel und zwar bez.

(D e) $$W = 1418.5 \text{ Ohm},$$

(D f) $$W = 1110.5 \text{ Ohm}.$$

Substituirt man die obigen Werthe und den soeben gefundenen Werth von W in die Gl. (33) p. 296, so erhält man bez.

(D e) $$r^3 - [4.15780] r^2 + [7.16711] r - [9.59089] = 0,$$

(D f) $$r^3 - [4.64400] r^2 + [7.86129] r - [10.48373] = 0.$$

Die erstere Gleichung hat die Wurzeln

(D e) $$\lambda_1 = 13300 \frac{1}{\text{Sec.}}, \quad \lambda_2 = \lambda_3 = 541.4 \frac{1}{\text{Sec.}},$$

die letztere die Wurzeln

(D f) $$\lambda_1 = 42360 \frac{1}{\text{Sec.}}, \quad \lambda_2 = \lambda_3 = 848.0 \frac{1}{\text{Sec.}}.$$

Aus den Beobachtungen ergiebt sich als Werth des Grenzwiderstandes, für die Reihe De

$W =$ etwa 1150 Ohm oder etwas mehr,

und für die Reihe Df

$W =$ etwa 1000 Ohm oder etwas mehr.

Die experimentell erhaltenen Werthe sind somit merkbar kleiner als die berechneten Werthe, besonders bei der Reihe De. Die Nichtübereinstimmung kann theilweise an der Unsicherheit der experimentell bestimmten Werthe gelegen sein. Jedoch kann sie nicht im Ganzen auf diese Ursache geschoben werden. Es sind schwache Anzeigen vorhanden, dass die Angabe der Widerstände W für einige Curven der Reihen De und Df einer Verwechslung unterliegen könnten, was jedoch nicht mehr controllirt werden kann. Durch eine solche Annahme liesse sich die Nichtübereinstimmung heben.

16. **Achsen- und Decrementsberechnung bei Curven mit gekrümmter Achse.** Bei sämmtlichen bis jetzt betrachteten Schwingungscurven ist es gestattet gewesen die Achse der Curve als eine gerade Linie zu betrachten und die Berechnung dieser Achse sowie des Decrementes nach der elementaren auf p. 522 angegebenen Methode auszuführen. Für die periodischen Curven in den in diesem Abschnitt noch übrigen Reihen Da, Db, Dc und Dd zeigt die Curvenachse eine deutliche Krümmung, indem die Ordinate Q eines Punktes der Achse mit wachsender Zeit abnimmt. Mit Achse der Schwingungscurve ist natürlich diejenige Linie zu verstehen, zu welcher ein der Curve entlang möglichst constantes Decrement entspricht. Der Theorie nach sollte die Achse eine Exponentialcurve sein, und wir werden im folgenden Art. sehen, dass dies auch annähernd zutrifft. Zunächst müssen Methoden entwickelt werden um die Achse der Schwingungscurve auf Grund der beobachteten Werthe der Maxima und Minima der Curve zu berechnen.

Es seien M_1, M_2, M_3 und M_4 vier auf einander folgende Extreme einer Schwingungscurve und Q_1, Q_2, Q_3 und Q_4 die unbekannten entsprechenden Ordinaten der Curvenachse, wobei sämmtliche Grössen M und Q von derjenigen Geraden, welche die volle Ladung angiebt, gerechnet werden sollen. Man hat alsdann unter der Voraussetzung, dass die Curve wirklich die theoretische Form besitzt, die vier Gleichungen

$$\frac{M_1 - Q_1}{Q_2 - M_2} = \frac{Q_2 - M_2}{M_3 - Q_3} = \frac{M_3 - Q_3}{Q_4 - M_4}, \tag{32}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{Q_3}{Q_4} \tag{33}$$

mit den vier unbekannten Grössen Q. Durch Elimination von Q_1 und Q_4 leitet man für Q_2 und Q_3 zwei Gleichungen zweiten Grades ab, aus welchen ohne Schwierigkeit die Formeln

$$(34)\qquad \begin{cases} Q_2 = \dfrac{(M_2M_3 - M_1M_4)\,Q_3 + (M_1M_3 - M_2^2)\,M_4}{(M_2M_4 - M_3^2)\,(M_3 - 2Q_3)}\,Q_3\,, \\ Q_3 = \dfrac{(M_2M_3 - M_1M_4)\,Q_2 + (M_2M_4 - M_3^2)\,M_1}{(M_1M_3 - M_2^2)\,(M_2 - 2Q_2)}\,Q_2 \end{cases}$$

hervorgehen. Die Berechnung von Q_2 und Q_3 geschieht am besten mittels successiver Approximationen auf Grund dieser Gleichungen. Auch Q_1 und Q_4 können jetzt erhalten werden. Man geht dann weiter bei der Curve und berechnet Q_2, Q_3, Q_4 und Q_5 u. s. w. Schliesslich werden die Mittel der verschiedenen Bestimmungen derselben Grösse Q genommen.

Diese erste Methode erfordert indessen einen sehr grossen Rechnungsaufwand. Bei einer zweiten Methode macht man die Voraussetzung, dass ein Stück der Curvenachse, welches drei halbe Schwingungen umfasst, mit einer geneigten geraden Linie ersetzt werden kann. Wenn M_1, M_2, M_3, M_4, Q_1, Q_2, Q_3 und Q_4 dieselbe Bedeutung wie oben haben, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass der Anfangswerth, von welchem sie gemessen werden, jetzt ganz beliebig gewählt werden kann, so erhält man das Gleichungssystem

$$(35)\qquad \frac{M_1 - Q_1}{Q_2 - M_2} = \frac{Q_2 - M_2}{M_3 - Q_3} = \frac{M_3 - Q_3}{Q_4 - M_4}\,.$$

$$(36)\qquad Q_1 - Q_2 = Q_2 - Q_3 = Q_3 - Q_4\,.$$

Man setze jetzt in Uebereinstimmung mit den beiden letzten Gleichungen

$$(37)\qquad \frac{1}{2}(Q_2 + Q_3) = Q\,, \quad \frac{1}{2}(Q_2 - Q_3) = h\,,$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q + 3h\,, \\ Q_2 &= Q + h\,, \\ Q_3 &= Q - h\,, \\ Q_4 &= Q - 3h\,, \end{aligned}$$

und berechnet dann aus den beiden ersten Gleichungen zur Bestimmung von h die Gleichung zweiten Grades

$$(38)\qquad \begin{aligned} &\big\{M_1 - M_4 + 3(M_3 - M_2)\big\}\,4h^2 + \\ &+ \big\{(M_1 + M_3 - 2M_2)\,(M_4 + 2M_3 - 3M_2) + (M_2 + M_4 - 2M_3)\,(M_1 + 2M_2 - 3M_3)\big\}\,h + \\ &+ (M_1 + M_3 - 2M_2)\,(M_3^2 - M_2M_4) - (M_2 + M_4 - 2M_3)\,(M_2^2 - M_1M_3) = 0\,. \end{aligned}$$

Ferner folgt für Q

$$(39) \qquad \{M_1 - M_4 + 3(M_3 - M_2)\} Q = M_1 M_3 - M_2^2 - (M_2 M_4 - M_3^2) + (M_1 - M_2 - M_3 + M_4)\ h.$$

Es werden dann $Q_2 = Q + h$ und $Q_3 = Q - h$ gebildet. Man geht weiter entlang der Curve und erhält für sämmtliche Q mit Ausnahme der äussersten zwei Werthe, welche im allgemeinen wechselweise zu gross und zu klein sind, und nimmt schliesslich die Mittel.

Aber auch diese zweite Methode giebt sehr lange Rechnungen, und die Bestimmung der relativ kleinen Grösse h ist ausserdem etwas unsicher. Wir werden deshalb, endgültig eine dritte Methode anwenden, welche auf eine Combination der auf p. 522 dargestellten einfachen Methode und der Formel (39) basirt.

Zunächst berechnet man die Achse der Schwingungscurve nach der Methode auf p. 522 und erfährt dabei, ob die Achse überhaupt so viel von einer geraden Linie abweicht, dass eine strengere Berechnung nothwendig ist. Dieser ersten Berechnung entnimmt man die Werthe von h und berechnet die ensprechenden Werthe von Q mittels der Formel (39). Im allgemeinen hat das Glied mit h nur einen kleinen Einfluss auf Q. Sodann folgen $Q + h$ und $Q - h$, und für jede dieser Grössen mit Ausnahme der beiden äussersten findet man zwei Werthe, deren Mittel genommen wird.

Wenn die Ordinaten der Achse der Schwingungscurve mit der Zeit abnehmen, so wird im allgemeinen die Berechnungsmethode nach p. 522 eine etwas zu niedrig gelegene, und die zuletzt besprochene Berechnungsmethode eine allerdings bessere, aber etwas zu hoch gelegene Achse ergeben. Zwischen diesen beiden Achsen kann man dann noch eine Achse interpoliren, welche genügend genau mit der wirklichen Achse übereinstimmt.

Nachdem die Achse der Curve erhalten worden ist, berechnet man in bekannter Weise die Decremente der einzelnen Halboscillationen, nimmt zwei Mal die Mittel und erhält dann das definitive Decrement.

Es sollen hier die Berechnungen für die Curve Dc N:o 1 durchgeführt werden. Mittels der Methode auf p. 522 folgt:

N:o 1.

Tabelle A.

N:o	M	Q	h	$\pm(M-Q)$	$\log\pm(M-Q)$	Decr. γ	Mittel I.	Mittel II.
1	154.95							
2	86.99	109.76	1.22	22.77	1.35736	0.21403	0.24086	0.23640
3	121.23	107.32	1.00	13.91	1.14333	0.26769	0.23195	0.23584
4	97.80	105.31	0.62	7.51	0.87564	0.19621	0.23972	0.23869
5	108.86	104.08	0.57	4.78	0.67943	0.28323	0.23766	0.24625
6	100.45	102.94	0.28	2.49	0.39620	0.19208	0.25485	
7	103.99	102.39	0.27	1.60	0.20412	0.31763		
8	101.08	101.85		0.77	0.88649−1			
9	102.13							

Definitives Decrement = 0.23862 ± 63.

Die Decremente γ der einzelnen Halboscillationen sind abwechselnd zu klein und zu gross. Thatsächlich liegt die erhaltene Achse der Curve etwas niedriger als die wirkliche Achse.

Mittels der oben vorgeschlagenen dritten Methode berechnet man die folgende Tabelle:

Tabelle B.

N:o	M	Die beiden Q.		Mittel.	$\pm(M-Q)$	$\log\pm(M-Q)$	Decr. γ.	Mittel I.	Mittel II.
1	154.95								
2	86.99	110.44		110.55	23.56	1.37218	0.24768		
3	121.23	108.00	107.82	107.91	13.32	1.12450	0.22468	0.23618	0.23688
4	97.80	105.66	105.82	105.74	7.94	0.89982	0.25049	0.23758	0.23470
5	108.86	104.42	104.37	104.40	4.46	0.64933	0.21317	0.23183	0.23865
6	100.45	103.13	103.23	103.18	2.73	0.43616	0.27780	0.24548	0.24566
7	103.99	102.58	102.52	102.55	1.44	0.15836	0.24584	0.24584	
8	101.08		101.98	101.96	0.88	0.94448−1			
9	102.13								

Definitives Decrement = 0.23821 ± 69.

Die Decremente der einzelnen Halboscillationen stimmen hier besser mit einander überein als in der Tabelle A, sind aber noch abwechselnd zu gross und zu klein. Es ist die erhaltene Curvenachse ein wenig oberhalb der wirklichen Achse gelegen. Indessen ist der Unterschied der beiden Werthe des definitiven Decrementes sehr gering.

Die Differenzen h i der Tabelle A verändern sich etwas unregelmässig. Um sie zu verbessern gleicht man die Werthe Q graphisch aus und findet dabei, wie folgt

Tabelle C.

N:o	Q verb.	h
1	–	
2	109.76	1.23
3	107.30	0.95
4	105.40	0.69
5	104.02	0.49
6	103.05	0.35
7	102.34	0.25
8	101.85	
9	–	

Mit diesen Werthen von h gestaltet sich die der Tabelle B entsprechende Berechnung folgendermaassen.

Tabelle D.

N:o	M	Die beiden Q.		Mittel.	$\pm(M-Q)$	$\log \pm (M-Q)$	Decr. γ.	Mittel I.	Mittel II.
1	154.95								
2	86.99	110.45		110.55	23.56	1.37218	0.24637		
3	121.23	107.99	107.76	107.87	13.36	1.12581	0.22272	0.23555	0.23496
4	97.80	105.75	105.86	105.80	8.00	0.90309	0.24603	0.23438	0.23079
5	108.86	104.37	104.27	104.32	4.54	0.65706	0.20835	0.22719	0.23530
6	100.45	103.23	103.29	103.26	2.81	0.44871	0.27845	0.24340	0.24531
7	103.99	102.53	102.50	102.51	1.48	0.17026	0.21602	0.24723	
8	101.08		102.00	101.98	0.90	0.95424–1			
9	102.13								

Definitives Decrement = 0.23541 ± 110.

Durch die Verbesserung der Differenzen h sind wie ersichtlich keine besondere Vortheile gewonnen. Die Decremente der einzelnen Halboscillationen schwanken ungefähr wie in der Tabelle B. Das definitive Decrement aber hat sich ein wenig verändert im Verhältniss zu den Werthen in den Tabellen A und B.

Die wahre Achse der Schwingungscurve liegt zwischen den Achsen der Tabellen A und B und zwar näher der Achse der Tabelle B. Wir wollen noch eine letzte Berechnung des Decrementes vornehmen, indem wir die Achse von der Lage B

gegen die Lage A um einen Drittel des Unterschiedes zwischen den beiden Lagen verlegen. Alsdann folgt:

Tabelle E.

N:o	M	Q	$\pm(M-Q)$	$\log\pm(M-Q)$	Decr. γ.	Mittel I.	Mittel II.
1	154.95						
2	86.99	110.29	23.30	1.36736	0.23638		
3	121.23	107.71	13.52	1.13098	0.23889	0.23764	0.23659
4	97.80	105.60	7.80	0.89209	0.23217	0.23553	0.23498
5	108.86	104.29	4.57	0.65992	0.23667	0.23442	0.23889
6	100.45	103.10	2.65	0.42325	0.25006	0.24336	0.24642
7	103.99	102.50	1.49	0.17319	0.24891	0.24948	
8	101.08	101.92	0.84	0.92428−1			
9	102.13						

Definitives Decrement $= 0.23846 \pm 72$.

In der Tabelle E sind die Decremente der einzelnen Halboscillationen so constant als man wünschen kann. Die kleinen Abweichungen rühren theils von Ungenauigkeiten der experimentell bestimmten Grössen M, theils von der Kleinheit der Werthe der Grössen $M-Q$ her. Es kann deshalb die Achse Q in der Tabelle E genügend genau als die wahre Achse der Schwingungscurve betrachtet werden.

17. **Charakter der oscillirenden Ladungscurven mit gekrümmter Achse.** Es soll in diesem Art. die Betrachtung auf die Curve Dc N:o 1 beschränkt bleiben. Diese Curve besitzt nämlich unter sämmtlichen beobachteten oscillirenden Curven mit nicht zu wenigen Extremen die am stärksten gekrümmte Achse. Die übrigen Curven bestätigen sonst die bei der Curve Dc N:o 1 erhaltenen Resultate.

Im vorigen Art. ist schon gezeigt worden, dass das Decrement bei richtiger Bestimmung der Achse der Schwingungscurve entlang constant bleibt. Es soll jetzt untersucht werden, ob die Achse der Curve wirklich eine Exponentialcurve ist, wie die Theorie verlangt. Zu dem Zwecke berechnet man eine Grösse φ, welche logarithmisches Decrement der Achse zu nennen ist, und welche gleich dem gewöhnlichen Logarithmus des Verhältnisses zwischen einer Ordinate der Achse und der nachfolgenden Ordinate ist. Die Ordinaten sollen hierbei von derjenigen Geraden gerechnet werden, welche die volle Ladung angiebt, so dass sie also Null als Grenze für $t=\infty$ bekommen. Die Berechnung ist unten ausgeführt für die

drei Achsen der Tabellen A, B und E im vorigen Art. Die volle Ladung ist gleich 100.91 Sc. Th.

Achse A.

N:o	Ordinate.	Log.	Decr. φ.	Mittel.
2	8.85	0.9469	0.1400	
3	6.41	0.8069	0.1634	0.1517
4	4.40	0.6435	0.1424	0.1529
5	3.17	0.5011	0.1936	0.1680
6	2.03	0.3075	0.1372	0.1654
7	1.48	0.1703	0.1972	0.1672
8	0.94	0.9731 − 1		
Achsendecr. $\varphi = 0.1622 \pm 10.$				

Achse B.

N:o	Ordinate.	Log.	Decr. φ.	Mittel.
2	9.64	0.9841	0.1390	
3	7.00	0.8451	0.1612	0.1501
4	4.83	0.6839	0.1411	0.1512
5	3.49	0.5428	0.1868	0.1639
6	2.27	0.3560	0.1412	0.1640
7	1.64	0.2148	0.1936	0.1674
8	1.05	0.0212		
Achsendecr. $\varphi = 0.1600 \pm 6.7.$				

Achse E.

N:o	Ordinate.	Log.	Decr. φ.	Mittel.
2	9.38	0.9722	0.1397	
3	6.80	0.8325	0.1613	0.1505
4	4.69	0.6712	0.1423	0.1518
5	3.38	0.5289	0.1885	0.1654
6	2.19	0.3404	0.1390	0.1637
7	1.59	0.2014	0.1971	0.1680
8	1.01	0.0043		
Achsendecr. $\varphi = 0.1606 \pm 8.9.$				

Die Tabellen zeigen, dass das Decrement der Achse entlang annähernd constant bleibt. *Die Achse ist somit eine Exponentialcurve*, in Uebereinstimmung mit der Theorie.

Sehr wahrscheinlich hat die Capacität des Condensators im Anfang der Schwingungscurve nicht ganz genau ihren vollen Werth, sondern ist um einige zehntausendstel kleiner, obgleich der Condensator ursprünglich mit einer Ladung versehen ist und die Capacität somit im allerersten Moment ihre volle Grösse hat. Hierauf deutet unter anderem besonders die Lage der Achse der Curve Aa N:o 5 im Abschn. XIII, zu welcher wir im Art. 5, XIII zurückkommen. Jetzt ist aber das Decrement der Achse einer Schwingungscurve stark abhängig von der Wahl der Geraden, von welcher die Ordinaten gemessen werden und welche die Asymptote der Exponential-

curve darstellen soll. Ersetzt man die obige Gerade der vollen Ladung 100.91 Sc. Th. mit einer Geraden mit der constanten Ordinate 100.81 Sc. Th., so erhält man folgende Berechnungen des Achsendecrementes, den Fällen A und E oben entsprechend.

Corrigirte Achse A.					Corrigirte Achse E.				
N:o	Ordinate.	Log.	Decr. φ.	Mittel.	N:o	Ordinate.	Log.	Decr. φ.	Mittel.
2	8.95	0.9518			2	9.48	0.9768		
			0.1382					0.1380	
3	6.51	0.8136		0.1493	3	6.90	0.8388		0.1483
			0.1604					0.1585	
4	4.50	0.6532		0.1495	4	4.79	0.6803		0.1486
			0.1387					0.1387	
5	3.27	0.5145		0.1624	5	3.48	0.5416		0.1602
			0.1861					0.1818	
6	2.13	0.3284		0.1579	6	2.29	0.3598		0.1569
			0.1297					0.1319	
7	1.58	0.1987		0.1557	7	1.69	0.2279		0.1572
			0.1817					0.1826	
8	1.04	0.0170			8	1.11	0.0453		
Achsendecr. $\varphi = 0.1563 \pm 11$.					Achsendecr. $\varphi = 0.1552 \pm 30$.				

Das Mittel der letzten Columne zeigt in diesen beiden Tabellen nicht mehr dieselbe schwache Zunahme wie in den früheren Tabellen. Das Schwanken der einzelnen Decremente φ muss von kleinen systematischen Fehlern der Ordinaten der Achse herrühren. Die Ordinaten scheinen abwechselnd ein wenig zu gross und ein wenig zu klein zu sein.

Das überall unten in den Tabellen angegebene Achsendecrement φ ist in der Weise erhalten worden, dass man die Summe sämmtlicher fünf Mittel, die Summe der drei inneren Mittel und das innerste Mittel zusammengeschlagen und gleich 9 φ gesetzt hat.

Die erste Formel (205) p. 328 giebt als Ordinate der Achse

$$E + \frac{1}{(\lambda-\alpha)^2+\beta^2}\frac{J_0}{C^2}\frac{L_1+L_2}{L_1 L_2}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}. \tag{40}$$

Wenn die Widerstände W_1 und W_2 nicht zu gross sind, so hat man nach der Formel (15) im Art. 6 oben

$$\lambda > \frac{W_1+W_2}{L_1+L_2}.$$

Es sollen somit die Ordinaten der Achse mit wachsender Zeit abnehmen. Dies stimmt auch völlig mit den experimentellen Ergebnissen überein.

Die Oscillationszeit T der experimentell erhaltenen Schwingungscurve bestimmt sich aus den Abscissen der Schnittpunkte der Curve mit ihrer krummlinigen Achse. Der Abscissenabstand zweier auf einander folgenden Schnittpunkte soll der Theorie

nach gleich $\frac{T}{2}$ sein. Für die Curve Dc N:o 1 ergeben sich mit Benutzung der in der Tabelle E p. 636 enthaltenen Achse folgende Schnittpunktsabscissen und Abscissendifferenzen, welche alle in Tausendstel Secunden ausgedrückt sind.

N:o	Schn. p.	$\frac{1}{2}T$	T
$1\frac{1}{2}$	21.135		
		1.710	
$2\frac{1}{2}$	22.845	1.915	3.625
$3\frac{1}{2}$	24.760		
		1.650	
$4\frac{1}{2}$	26.410	1.930	3.580
$5\frac{1}{2}$	28.340		
		1.700	
$6\frac{1}{2}$	30.040	1.910	3.610
$7\frac{1}{2}$	31.950		

Die Tabelle zeigt, dass die einzelnen Werthe von T sehr nahe gleich gross sind, d. h. dass *die Wellen der Schwingungscurve alle gleich lang sind.* Die Werthe von $\frac{1}{2}T$ sind angenähert gleich gross, zeigen aber eine periodische Schwankung. Die Schwankung wird kleiner oder verschwindet, wenn man die Achse angemessen höher gelegen zieht, hat aber auf die Werthe von T sehr wenig Einfluss. Die Curven der Reihen Da und Db zeigen fast keine Schwankung obiger Art, sondern macht die Curve Dc N:o 1 eine Ausnahme. Durch Combination der Schnittpunkte $1\,^1/_2$ und $7\,^1/_2$, $2\,^1/_2$ und $6\,^1/_2$, $3\,^1/_2$ und $5\,^1/_2$ berechnet man in gewöhnlicher Weise

$$T = 3.598 \pm 4.2 \text{ Millisec.}$$

Die bis jetzt gefundenen Eigenschaften der Schwingungscurve, d. h. die Unveränderlichkeit der Oscillationszeit und des Decrementes entlang der Curve sowie der exponentielle Charakter ihrer Achse zeugen, dass *die Form der Curve die von der Theorie verlangte ist.* Wir unterlassen hier eine besondere Untersuchung der Wellenform.

Der Uebersicht wegen sollen hier noch sämmtliche Achsen der behandelten oscillirenden Curven der Reihen Da, Db, Dc und Dd zusammengestellt werden, wobei die nach der Curvenbezeichnung folgende Buchstabe A, B oder E sich auf die Tabellen p. 632 und 634 bezieht und nur angiebt, in welcher Weise die Achse berechnet worden ist.

N:o **1.**

Achsen oscillirender Curven, in Sc. Th.

Bezeichnung.	Da N:o 1, A.	Da N:o 2, A.	Da N:o 3, B.	Db N:o 1, A.	Db N:o 2, A.	Db N:o 3, B.	Dc N:o 1, E.	Dc N:o 2, E.	Dd N:o 1, E.
2	103.04	102.82	102.76	105.12	104.44	104.52	110.29	108.93	108.88
3	102.95	102.61	102.67	104.61	104.31	104.14	107.71	106.83	105.62
4	102.90	102.44	102.50	104.13	103.89	103.87	105.60	104.84	102.50
5	102.71	102.32	102.36	103.72	103.46	103.56	104.29	—	101.89
6	102.56	102.25	102.16	103.39	103.20	103.25	103.10	—	—
7	102.56	102.20	102.07	103.16	103.09	102.96	102.50	—	—
8	102.55	102.13	—	103.01	102.87	—	101.92	—	—
9	102.39	102.05	—	102.85	102.70	—	—	—	—
10	102.22	102.00	—	102.60	—	—	—	—	—
11	102.08	101.98	—	102.37	—	—	—		
12	101.98	—	—	102.17	—	—	—	—	—
13	101.90	—	—	101.97	—	—			
14	101.77	—	—	—	—	—	—	—	—
15	101.70	—	—	—	—	—			—
16	101.73	—	—	—	—	—		—	—
17	101.76	—	—	—	—	—	—	—	—
Volle Ladung.	100.91	100.91	190.91	100.92	100.91	100.92	100.91	100.91	100.91

18. **Oscillationszeit und Decrement.** Es sollen jetzt die Vergleichungen der experimentell und theoretisch erhaltenen Werthe von T und von γ folgen. Für die Berechnung muss jedesmal die Gl. (33) p. 296, d. h.

$$r^3 - \left\{\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right\} r^2 + \left\{\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{L_1L_2}+\frac{1}{C}\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right)\right\} r - \frac{W_1+W_2}{CL_1L_2} = 0$$

gebildet und aufgelöst werden. Ist die reelle Wurzel gefunden worden, so hat man wie auf p. 615

$$2a = \frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}-\lambda,$$

$$\beta^2 = a^2 - \frac{W_1+W_2}{CL_1L_2}+\lambda,$$

$$T = \frac{2\pi}{\beta},$$

$$\lambda = \frac{Ma\pi}{\beta}.$$

Bei der Berechnung sollten die angewandten Widerstände W_1 und W_2 mit denselben Zusatzwiderständen bez. $w_1 = 10.57$ Ohm und $w_2 = 8.89$ Ohm vergrössert werden wie in den Reihen B, Ea, Eb, De und Df, es scheinen aber die Decremente γ hierbei etwas zu klein auszufallen. Bei der Curve Da N:o 1 erreicht der Unter-

schied sogar etwa 12 %, ohne dass eine andere Erklärung wahrscheinlich erscheint, als dass die angewandte Methode die Correction für die Leitungsfähigkeit der Isolation der Induktionsspule anzubringen hier nicht mehr genügend genau ist. Man beachtet übrigens, dass die Werthe der Widerstände bei der Curve Da N:o 1 so klein sind, dass das Decrement γ sehr sensibel für die Werthe der hypothetischen Grössen w_1 und w_2 ist. Bei dieser Sachlage wollen wir wie im Art. 4, XI für die Reihe A W_1 und W_2 unverändert beibehalten und einen solchen Zusatzwiderstand w zu W fügen, dass das experimentelle und das theoretische Decrement bei der Curve Da N:o 1 mit einander übereinstimmen. Man findet nach einigen Approximationen $w = 8.69$ Ohm. Derselbe Zusatzwiderstand soll dann bei sämmtlichen Curven der Reihen Da, Db, Dc und Dd gebraucht werden. Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 8.69$ Ohm.

N:o	$W+w$ in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	T beob.	T ber.	Diff in Proc.
Da N:o 1	9.28	2.86	26.07	3.457 ± 5.1	3.412	+1.3
„ N:o 2	39.69	2.85	26.06	3.480 ± 12	3.426	+1.5
„ N:o 3	72.71	2.86	26.07	$3.569 + 12$	3.455	+3.2
Db N:o 1	9.28	2.86	50.99	3.476 ± 5.2	3.422	+1.5
„ N:o 2	39.70	2.86	50.99	3.500 ± 11	3.441	+1.7
„ N:o 3	72.71	2.86	50.99	3.552 ± 22	3.476	+2.1
Dc N:o 1	9.28	2.87	146.10	3.598 ± 4.2	3.501	+2.7
„ N:o 2	72.73	2.87	146.10	3.535 ± 14	3.610	−2.1
Dd N:o 1	9.28	2.85	290.04	3.705 ± 90	3.807	−3.0

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry. $w = 8.69$ Ohm.

N:o	$W+w$ in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
Da N:o 1	9.28	2.86	26.07	0.06191 ± 7.7	0.06191	0.0
„ N:o 2	39.69	2.85	26.06	0.14435 ± 3.5	0.14000	+3.0
„ N:o 3	72.71	2.86	26.07	0.23865 ± 103	0.22644	+5.1
Db N:o 1	9.28	2.86	50.99	0.09625 ± 14	0.09827	−2.1
„ N:o 2	39.70	2.86	50.99	0.18011 ± 110	0.17704	+1.7
„ N:o 3	72.71	2.86	50.99	0.26132 ± 27	0.26451	−1.2
Dc N:o 1	9.28	2.87	146.10	0.23846 ± 72	0.24043	−0.8
„ N:o 2	72.73	2.87	146.10	0.40645	0.41898	−3.1
Dd N:o 1	9.28	2.85	290.04	0.49062	0.48208	+1.7

N:o 1.

Die berechneten und beobachteten Werthe von T und von γ stimmen mit ungefähr derselben Genauigkeit mit einander überein wie in früheren Fällen. Es verdient jedenfalls nochmals erwähnt zu werden, dass der Zusatzwiderstand w so gewählt wurde, das die beiden Werthe von γ für die Curve Da N:o 1 gleich werden.

19. **Achsendecremente.** Für das Achsendecrement φ, wie es im Art. 17 definirt worden ist, erhält man den theoretischen Werth

$$\varphi = M\lambda\frac{T}{2}.$$

Die folgende Tabelle giebt die beobachteten und berechneten Achsendecremente und zwar zwei Werthe der letzteren, φ ber. entsprechend der Hinzufügung des Zusatzwiderstandes $w = 8.69$ Ohm zu W und φ' ber. entsprechend einer Berechnung mit Hinzufügung zu W_1 und W_2 bez. der Zusatzwiderstände $w_1 = 10.57$ Ohm und $w_2 = 8.89$ Ohm.

Curve.	φ beob.	φ ber.	φ' ber.	Curve.	φ beob.	φ beor.	φ' ber.
Da N:o 1	0.0217 ± 7.2	0.0171	0.0287	Db N:o 3	0.0456 ± 4.7	0.0325	0.0444
Da N:o 2	0.0238 ± 7.7	0.0172	0.0288	Dc N:o 1	0.1552 ± 10	0.0927	0.1038
Da N:o 3	0.0426 ± 6.1	0.0173	0.0290	Dc N:o 2	0.1522	0.0956	0.1046
Db N:o 1	0.0464 ± 15	0.0321	0.0437	Dd N:o 1	0.3319	0.2284	0.2451
Db N:o 2	0.0445 ± 3.2	0.0322	0.0439				

Die experimentell und theoretisch erhaltenen Werthe des Achsendecrementes zeigen in der obigen Tabelle keine genaue Uebereinstimmung mit einander, sondern könnte man sagen, mehr Ansätze zu einer Uebereinstimmung und zwar am besten zwischen φ beob. und φ' ber. Berücksichtigt man aber den grossen Unterschied zwischen φ ber. und φ' ber. einerseits, ferner die Unsicherheit der Grössen φ beob. andererseits, so ist man wohl berechtigt zu schliessen, dass die obige Zusammenstellung keinen sicheren Beleg für eine Nichtübereinstimmung zwischen Theorie und Experiment sondern lieber das Entgegengesetzte abgiebt.

XIII. Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem unverzweigten Theile und in dem einen Zweige.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die Versuchsanordnung zeigte bei den in diesem Abschnitt zu beschreibenden Versuchen von der zum Abschnitt II gehörenden Anordnung nur den Unterschied, dass sowohl in dem unverzweigten Theile des Stromkreises wie in dem einen Zweige Spulen mit relativ grossen Selbstinduktionscoefficienten eingeschaltet waren. Als Bezeichnungen werden hier dieselben wie in der Fig. 46 p. 351 gebraucht. Die aufgenommenen Curven, welche alle Ladungscurven sind, ordnen sich zu folgenden Reihen.

Reihe A a. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry.
$W = 2.06$ Ohm. $W_1 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W_2: unendlich gross, 7000.7, 874.9, 288.6 und 49.48 Ohm.

Reihe A b. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry.
$W = 65.45$ Ohm. $W_1 = 1.49$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W_2: 7000.2, 874.9, 288.6 und 49.49 Ohm.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry.
$W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 874.4$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 2.09, 65.50, 182.2, 300.7, 487.8, 809.7, 3083.5 und 9209.7 Ohm.

Bei den Curven dieses Abschnittes, welche relativ wenige und zwar überall gleich 15 sind, indem die beiden ersten Curven der Reihe B bezw. mit der ersten Curve der Reihen A a und A b identisch sind, sind wie ersichtlich nur die Widerstände W und W_2 verändert worden, während W_1, C, L und L_1 unverändert beibehalten sind. Die Anordnung bietet auch kein wesentliches Interesse vor der im Abschn. XI betrachteten Anordnung dar.

2. **Formeln zur Berechnung der Oscillationszeit und des Decrementes der periodischen Curven, insbesondere wenn der Widerstand W_2 gross ist.** Zunächst hat man die Gl. (17) p. 354, d. h.

$$(1) \qquad \gamma^3 - \left(\frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}\right)\gamma^2 + \left(\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\frac{1}{CL}\right)\gamma - \frac{W_1+W_2}{CLL_1} = 0,$$

deren Discriminante über den Charakter des Vorganges entscheidet. Bei periodischer Ladung berechnet man die reelle Wurzel λ dieser Gl., am besten mittels successiver Approximationen, und erhält dann aus den Gl. (28) p. 355

$$(2) \qquad 2a = \frac{W_2+W}{L}+\frac{W_2+W_1}{L_1}-\lambda$$

oder genauer, wenn W_2 gross ist,

$$(3) \qquad 2a = \frac{1}{\lambda}\left\{\frac{WW_1+WW_2+W_1W_2}{LL_1}+\frac{1}{LC}-\frac{W_1+W_2}{CLL_1}\frac{1}{\lambda}\right\}.$$

Nachdem a erhalten ist, folgt β aus der Formel

$$(4) \qquad \beta^2 = \frac{W_1+W_2}{CLL_1}\frac{1}{\lambda}-a^2,$$

und man hat für die Periode und das Decrement der auf die Exponentialachse bezogenen Oscillationen die gewöhnlichen Formeln

$$(5) \qquad T = \frac{2\pi}{\beta}.$$

$$(6) \qquad \gamma = \frac{Ma\pi}{\beta}.$$

Wenn W_2 gross ist, so besitzt die Gl. (1) angenähert die Wurzel

$$(7) \qquad \lambda = \frac{L+L_1}{LL_1}W_2,$$

(vergl. Art. XIII b p. 373). Für die genauere Berechnung entwickelt man die Wurzel λ nach Potenzen von $\frac{1}{W_2}$ und erhält in der Weise, bis zu den Gliedern mit $\frac{1}{W_2^2}$ fortschreitend,

$$(8) \qquad \begin{aligned}\lambda = {} & \frac{L+L_1}{LL_1}W_2+\frac{L_1^2W+L^2W_1}{LL_1(L+L_1)}-\frac{1}{(L+L_1)^3}\left\{\frac{L_1^2(L+L_1)}{C}-(L_1W-LW_1)^2\right\}\frac{1}{W_2}+\\ & +\frac{1}{(L+L_1)^5}\left\{\frac{L_1^2(L+L_1)}{C}\left[L_1(L_1-2L)W+3L^2W_1\right]+(L-L_1)(L_1W-LW_1)^3\right\}\frac{1}{W_2^2},\end{aligned}$$

sowie ferner

$$(9)\qquad \begin{aligned} 2a = {} & \frac{W+W_1}{L+L_1} + \frac{1}{(L+L_1)^3}\left\{\frac{L_1^2(L+L_1)}{C} - (L_1 W - L W_1)^2\right\}\frac{1}{W_2} + \\ & + \frac{1}{(L+L_1)^5}\left\{\frac{L_1^2(L+L_1)}{C}\left[L_1(2L-L_1)W - 3L^2 W_1\right] + (L_1-L)(L_1 W - L W_1)^3\right\}\frac{1}{W_2^2}. \end{aligned}$$

Die weitere Rechnung geschieht wieder mit den Formeln (4), (5) und (6) oben.

Für $W_2 = \infty$ hat man einen unverzweigten Stromkreis, und die Ladungscurve ist in dem periodischen Falle eine regelmässig gedämpfte Sinuslinie. Aber noch mit einem mässigen Werthe von W_2 zeigt die periodische Ladungscurve keine merkbare Abweichung von der regelmässig gedämpften Sinuscurve. Berechnet man in der That nach der gewöhnlichen p. 522 angeführten Methode die Achse der oscillirenden Curven der obigen Zusammenstellung, so erhält man nur bei den letzten Curven der Reihen A a und A b, für welche ja $W_2 = 49.5$ Ohm ist, eine sichtbare Abweichung von einer geraden Linie, und auch das Decrement bleibt der Curve entlang constant. Das Belegmaterial für diese Thatsache soll hier nicht angeführt werden, weil es vollkommen analog dem mehrfach im Abschn. XI zusammegestellten bezüglichen Materiale ist. Auch bei den letzten Curven der Reihen A a und A b ist die Abweichung der Achse der Schwingungscurve von einer geraden Linie nicht so gross, dass die Anwendung der complicirteren p. 629 bis 634 dargestellten Methoden zur Bestimmung der Achse und zur Decrementsberechnung bedingt wäre. Nur bei der Ausmessung der Oscillationszeit hat man zu beachten, dass man jedesmal den Schnittpunkt zwischen dem Curvenstücke und dem betreffenden, besonders einzutragenden Stücke der gekrümmten Achse nimmt (vergl. p. 636).

Die mit $W_2 = \infty$ aufgenommene Curve A a N:o 1 hat gedient, einerseits zur Messung des Selbstinduktionscoefficienten $L_1 = 0.1932$ Henry, andererseits zur Bestimmung des Zusatzwiderstandes w, welcher von der Leitungsfähigkeit der Isolation der Induktionsspule herrührt. Man berechnet nämlich aus dem experimentell erhaltenen Decremente $\gamma = 0.02007 \pm 1.9$ in Analogie mit der Formel (25) p. 539 hier

$$w = \frac{\gamma - M\frac{\pi}{2}(W+W_1)\sqrt{\frac{C}{L_1 L_1}}}{M\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{C}{L+L_1}}} = 9.24 \text{ Ohm}.$$

Dieser Werth des Zusatzwiderstandes ist auch bei sämmtlichen übrigen Curven dieses Abschnittes gebraucht worden und zwar in der Weise, dass statt W überall $W + w$ genommen ist. Dagegen werden die wirklichen Werthe der Widerstände W_1 und W_2 nicht verändert. Es wäre auch eine andere Rechnungsanordnung denkbar, indem man zu W einen gewissen, von L abhängenden Zusatzwiderstand w addiren würde, und gleichzeitig den bei der Spulenabtheilung mit dem Selbstin-

duktionscoefficienten L_1 vorhandenen Widerstand r_1 der Isolation mit dem Widerstande W_2 zu dem resultirenden Widerstande $\frac{W_2 r_1}{r_1 + W_2}$ zusammensetzen würde. Für das letztere Verfahren fehlen aber genügende Daten, und es scheint auch sonst weniger befriedigende Resultate als das erste Verfahren zu liefern.

3. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.** Die folgenden Tabellen enthalten die beobachteten und berechneten Oscillationszeiten T, sowie die beobachteten und berechneten Decremente γ für überall 12 Curven der Zusammenstellung im Art. 1 oben.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry. $w = 9.24$ Ohm.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	2.10	11.34	1.51	∞	5.551 ± 3.8	5.551	0.0
„ N:o 2	2.10	11.34	1.51	7000.7	5.549 ± 4.3	5.563	−0.3
„ N:o 3	2.09	11.33	1.50	874.9	5.567 ± 3.8	5.529	0.7
„ N:o 4	2.09	11.33	1.50	288.58	5.347 ± 18	5.257	1.7
„ N:o 5	2.09	11.33	1.50	49.48	4.066 ± 11	3.871	4.8
A b N:o 1	65.51	74.75	1.51	7000.2	5.662 ± 13	5.582	1.4
„ N:o 2	65.50	74.74	1.50	874.9	5.635 ± 13	5.627	0.1
„ N:o 3	65.51	74.75	1.51	288.64	5.538 ± 59	5.511	0.5
„ N:o 4	65.51	74.75	1.51	49.49	4.180 ± 31	4.059	2.9
B N:o 3	182.21	191.45	1.51	875.0	5.983 ± 13	5.897	1.4
„ N:o 4	300.73	309.97	1.51	875.0	6.287 ± 49	6.333	−0.7
„ N:o 5	487.77	497.01	1.51	875.0	7.460	7.416	0.6

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry. $w = 9.24$ Ohm.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	2.10	11.34	1.51	∞	0.02007 ± 1.9	0.02007	0.0
„ N:o 2	2.10	11.34	1.51	7000.7	0.03064 ± 4.3	0.03081	−0.6
„ N:o 3	2.09	11.33	1.50	874.9	0.10274 ± 6.3	0.10514	−2.3
„ N:o 4	2.09	11.33	1.50	288.58	0.25364 ± 6.1	0.25992	−2.5
„ N:o 5	2.09	11.33	1.50	49.48	0.12894 ± 15	0.12964	−0.5
A b N:o 1	65.51	74.75	1.51	7000.2	0.13423 ± 8.5	0.13026	2.2
„ N:o 2	65.50	74.74	1.50	874.9	0.20472 ± 23	0.20661	−0.9
„ N:o 3	65.51	74.75	1.51	288.64	0.38791 ± 310	0.38287	1.3
„ N:o 4	65.51	74.75	1.51	49.49	0.28569	0.28107	1.6

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry. $w = 9.24$ Ohm.							
Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
B N:o 3	182.21	191.45	1.51	875.0	0.40246 ± 67	0.39830	1.0
„ N:o 4	300.73	309.97	1.51	875.0	0.61237	0.62443	−2.0
„ N:o 5	487.77	497.01	1.51	875.0	0.97298	1.02204	−5.0

Beiläufig kann bemerkt werden, dass bei der Berechnung von T und γ die Grösse $2a$ bei den Curven A a N:o 2, A b N:o 3, A a N:o 1 und A b N:o 2 mittels der Formel (9) erhalten worden ist, und zwar konnte bei der Curve A a N:o 2 schon bei dem Gliede mit $\frac{1}{W_2}$ abgebrochen werden, bei den übrigen Curven in dem Gliede mit $\frac{1}{W_2^2}$ der zweite Term vernachlässigt werden. Für alle andere Curven, nur die Curve A a N:o 1 ausgenommen, wurde die reelle Wurzel der Gl. (1) zuerst genau berechnet, bis auf fünf Stellen, was nicht sehr viel Mühe verursacht.

Die Differenzen sind in den obigen Tabellen ungefähr dieselben wie in früheren Tabellen ähnlicher Art. Einige der Differenzen sind jedoch wenig befriedigend und liegt dies sowohl in der Unsicherheit der experimentellen Bestimmung wie in der Methode, die Correction für die Leitfähigheit der Isolation der Induktionsspulen in Betracht zu ziehen. Die geringste Uebereinstimmung ist zu erwarten bei den Curven mit dem kleinsten W_2, d. h. bei den Curven A a N:o 5 und A b N:o 4, ferner bei den Curven mit dem grössten Widerstande W, d. h. besonders bei der Curve B N:o 5. Jedenfalls ist aber auch hier der Schluss gestattet, *dass Theorie und Experiment mit einander übereinstimmen.* Besonders intressant ist das Vorhandensein eines Maximums für das Decrement γ in den Reihen A a und A b, in welchen W_2 verändert wird. Mit einem grossen Widerstande W_2 hat man eine relativ kleine Dämpfung, welche zunimmt, als W_2 abnimmt, bis zu dem Maximum, wonach auch γ mit W_2 abnimmt. Mit einem kleinen Werthe für W_2 (und für die übrigen Widerstände) wird die Dämpfung klein.

4. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Nur in der Reihe B kommen sowohl oscillirende wie nicht oscillirende Curven vor. Die Curve N:o 6, welche dem Widerstande $W = 809.7$ Ohm entspricht, ist noch sehr schwach oscillirend. Die Grenze mag bei einem 100 bis 200 Ohm grösseren Werthe von W liegen. Berechnen wir diesen Grenzwiderstand. Zu dem Zwecke setzt man die Discriminante (20) p. 354 gleich Null und erhält eine Gleichung, welche in Bezug auf W vom vierten Grade ist. Mit den Werthen der Constanten

$$C = 2.0229 \text{ Mikrof.} = 2.0229 \times 10^{-15} \text{ abs. Einh}$$

$$L = 0.1926 \text{ Henry} = 0.1926 \times 10^{9} \text{ abs. Einh.} \quad L_1 = 0.1932 \text{ Henry} = 0.1932 \times 10^{9} \text{ abs. Einh.}$$

$$W_1 = 1.51 \text{ Ohm} = 1.51 \times 10^{9} \text{ abs. Einh.} \quad W_2 = 875.0 \text{ Ohm} = 875.0 \times 10^{9} \text{ abs. Einh.}$$

ergiebt sich für W die Gleichung

$$D = \left[10.17486\right] W^4 - \left[12.50219\right] W^3 + \left[16.49955\right] W^2 - \left[18.52110\right] W - \left[22.51966\right] = 0, \tag{10}$$

worin nicht die Coefficienten selber, sondern ihre Logarithmen angegeben sind, und der Werth von W in Ohm, nicht in abs. Einh. zu rechnen ist. Die Gl. (10) hat zwei conjugirte imaginäre Wurzeln, eine negative und eine positive reelle Wurzel. Für die positive reelle Wurzel berechnet sich der Werth

$$W = 932.3 \text{ Ohm}. \tag{11}$$

Zieht man hiervon noch den Zusatzwiderstand $w = 9.24$ Ohm, so hat man als Grenzwiderstand

$$W = 923.1 \text{ Ohm}, \tag{12}$$

welcher Werth in guter Uebereinstimmung mit den Beobachtungen ist.

Substituirt man die obigen Werthe von C, L, L_1, W_1, W_2 und

$$W = 932.3 \text{ Ohm} = 932.3 \times 10^{9} \text{ abs. Einh.}$$

in die Gl. (17) p. 354, so ergiebt sich die Gl. dritten Grades

$$r^3 - \left[4.14366\right] r^2 + \left[7.39028\right] r - \left[10.06611\right] = 0, \tag{13}$$

worin wieder die Logarithmen der Coefficienten angegeben sind. Diese Gleichung hat die beiden gleich grossen Wurzeln

$$\lambda_2 = \lambda_3 = 987.2 \frac{1}{\text{Sec.}},$$

während die dritte Wurzel ist

$$\lambda_1 = 11946 \frac{1}{\text{Sec.}}.$$

Die aperiodischen Curven der Reihe B zeigen eine beständige Zunahme der Ladung mit wachsender Zeit, d. h. sind von der im Art. 5 p. 359 betrachteten Art (A). In der That ist auch die Ungleichheit (37) p. 357 jetzt erfüllt. Eben an der Uebergangsgrenze hat man

$$\lambda_3 = 987.2 \frac{1}{\text{Sec.}},$$

$$\frac{W_1 + W_2}{L_1} = 4536.8 \frac{1}{\text{Sec.}},$$

somit

$$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1},$$

und dieselbe Ungleichheit bleibt auch für grössere Werthe von W bestehen, wie die folgende Untersuchung noch näher zeigt.

Für grosse Werthe des Widerstandes W entwickelt man folgenden Ausdruck für die grösste Wurzel λ_1 der Gl. (17) p. 354

$$\lambda_1 = \frac{W}{L} + \frac{W_2}{L} + \frac{1}{L_1}\left(W_2^2 - \frac{L_1}{C}\right)\frac{1}{W} + \frac{W_2}{L_1}\left\{W_2\frac{L(W_2+W_1)-L_1W_2}{L_1} + \frac{L_1}{C}\right\}\frac{1}{W^2} \tag{14}$$

und berechnet nachher die beiden übrigen Wurzeln λ_2 und λ_3 aus der Gleichung zweiten Grades

$$r^2 - \left(\frac{W_2+W}{L} + \frac{W_2+W_1}{L_1} - \lambda_1\right)r + \frac{W_1+W_2}{CLL_1}\frac{1}{\lambda_1} = 0, \tag{15}$$

d. h. aus der Gleichung

$$r^2 - \left\{\frac{W_2+W_1}{L_1} - \frac{1}{L_1}\left(W_2^2 - \frac{L_1}{C}\right)\frac{1}{W} - \frac{W_2}{L_1}\left[W_2\frac{L(W_2+W_1)-L_1W_2}{L_1} + \frac{L_1}{C}\right]\frac{1}{W^2}\right\}r + \tag{16}$$

$$+ \frac{W_2+W_1}{CL_1}\frac{1}{W}\left\{1 - \frac{W_2}{W} + \left(\frac{L_1-L}{L_1}W_2^2 + \frac{L}{C}\right)\frac{1}{W^2}\right\} = 0.$$

Auch die beiden Wurzeln λ_2 und λ_3 lassen sich nach Potenzen von $\frac{1}{W}$ entwickeln und zwar ergiebt sich

$$\lambda_2 = \frac{W_2+W_1}{L_1} - \frac{W_2^2}{L_1}\frac{1}{W} - \frac{W_2^2}{W_2+W_1}\frac{1}{L_1}\left\{(W_2+W_1)\frac{L(W_2+W_1)-L_1W_2}{L_1} + \frac{L_1}{C}\right\}\frac{1}{W^2}, \tag{17}$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{CW} - \frac{W_1W_2}{W_2+W_1}\frac{1}{CW^2}. \tag{18}$$

Wenn W gross ist, so wird hiernach im allgemeinen schon die Wurzel λ_2 kleiner als $\frac{W_1+W_2}{L_1}$ sein und die Wurzel λ_3 überhaupt klein sein.

Beispielsweise ergiebt sich für die letzte Curve der Reihe B, bei welcher der Widerstand W 9209.7 Ohm ausmacht,

$$\lambda_1 = 52752\,\frac{1}{\text{Sec.}},$$

$$\lambda_2 = 4099.3\,\frac{1}{\text{Sec.}},$$

$$\lambda_3 = 53.65\,\frac{1}{\text{Sec.}},$$

während

$$\frac{W_1+W_2}{L_1} = 4534.5\,\frac{1}{\text{Sec.}}$$

ist.

5. **Die Achsen der periodischen Ladungscurven.** Wie schon auf p. 643 erwähnt worden, zeigen die Achsen der periodischen Ladungscurven nur bei den Curven A a N:o 5 und A b N:o 4 eine merkbare Abweichung von einer geraden Linie innerhalb desjenigen Stückes, welches zur Anwendung gelangt. Für die Curven A a N:o 5 und A b N:o 4 sind die in der einfachsten auf p. 522 dargestellten Weise berechneten Achsen wie folgt:

Curve A a N:o 5.		Curve A b N:o 4.	
N:o	Ordinate.	N:o	Ordinate.
2	104.40	2	103.80
3	102.81	3	102.41
4	101.93	4	101.56
5	101.45	5	101.08
6	101.08	—	—
7	100.85	—	—
8	100.64	—	—
9	100.62	—	—
10	100.54	—	—
11	—	—	—

Nach der Formel (95) p. 369 hat man für die Achse der Curve die Ordinate

$$E+\frac{1}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{J_0}{C^2L}\left(\lambda-\frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}, \tag{19}$$

wo λ die einzige reelle Wurzel der Gl. (17) p. 354 ist. Die Geradlinigkeit der Achse beruht auf das mit einem grossen Werthe von W_2 verknüpfte Vorhandensein einer grossen Wurzel λ, welche die Kleinheit des Factors $e^{-\lambda t}$ bedingt, wenigstens so lange t nicht sehr klein ist. Bei den Curven A a N:o 5 und A b N:o 4 ist W_2 nicht mehr gross und die Wurzel λ relativ klein. Damit die Curven, welche die Achsen darstellen, eine mit wachsender Zeit abnehmende Ordinate besitzen mögen, wie es ja die Experimente zeigen, muss nach dem Ausdrucke (16) die Ungleichheit

$$\lambda > \frac{W_1+W_2}{L_1} \tag{20}$$

erfüllt sein. Es lässt sich auch nachweisen, dass dieses stets der Fall ist, wenn die Widerstände W, W_1 und W_2 klein im Verhältniss zu den Grössen $\sqrt{\frac{L}{C}}$ und

$\sqrt{\frac{L_1}{C}}$ sind (vergl. auch Art. 1 Abschn. XIII a p. 371), denn man entwickelt dann für die reelle Wurzel der Gl. (17) p. 354 den Ausdruck

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1}\left\{1 + W_2^2 \frac{C}{L_1} + \frac{L}{L_1^2} W_2^2 C^2 \left[\frac{(W_2 + W)(W_2 + W_1) + W_2^2}{L} - \frac{(W_2 + W_1)^2}{L_1}\right]\right\}, \tag{21}$$

welcher $\lambda - \frac{W_1 + W_2}{L_1}$ positiv ergiebt. Beispielsweise ist bei der Curve A a N:o 5

$$\lambda = 270.85 \frac{1}{\text{Sec.}}, \qquad \frac{W_1 + W_2}{L_1} = 263.87 \frac{1}{\text{Sec.}},$$

und bei der Curve A b N:o 4

$$\lambda = 271.22 \frac{1}{\text{Sec.}}, \qquad \frac{W_1 + W_2}{L_1} = 264.58 \frac{1}{\text{Sec.}}.$$

Dem Werthe (21) für λ entspricht der folgende Werth der Grösse $2a$,

$$2a = \frac{W_1 + W}{L} - (W_2 + W_1) W_2^2 \frac{C}{L_1^2} - (W_2 + W_1) W_2^2 \frac{LC^2}{L_1^3}\left\{\frac{(W_2 + W)(W_2 + W_1) + W_2^2}{L} - \frac{(W_2 + W_1)^2}{L_1}\right\}. \tag{22}$$

Die Formeln (21) und (22) hätten auch bei der Berechnung der Oscillationszeit und der Dämpfung der beiden betrachteten Curven benutzt werden können.

Es lohnt sich hier ähnlich wie im Art. 17, XI die Form der Achse der Curve A a N:o 5 näher zu untersuchen. Die volle Ladung ist bei dieser Curve gleich 100.66 Sc. Th. beobachtet worden. Im Anfang der Curve scheint aber die volle Capacität des Condensators nicht absolut erreicht zu sein, obgleich der Vorgang mit voller Capacität anfängt, sondern ein Unterschied um irgend welche Zehntausendstel vorhanden zu sein (vergl. p. 635). Als Normalwerth der Ladung wäre deshalb etwa 100.55 oder 100.60 Sc. Th. in Rechnung zu bringen. Mit dem ersteren Werthe ergeben sich die dem Gliede

$$\frac{1}{(\lambda - a)^2 + \beta^2} \frac{J_0}{C^2 L}\left(\lambda - \frac{W_1 + W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \tag{23}$$

in dem Ausdrucke (19) entsprechenden sechs ersten Ordinaten der Achse gleich 3.85, 2.26, 1.38, 0.90, 0.53 und 0.30 Sc. Th. bez. Hieraus folgt für die fünf ersten logaritmischen Decremente

0.2314, 0.2142, 0.1857, 0.2299 und 0.2472.

Das Decrement ist somit annähernd constant, wodurch bewiesen wird, dass die *Curvenachse wirklich eine Exponentialcurve ist.* Aus den obigen Werthen folgt, indem man die Summen sämmtlicher Grössen, der drei mittleren Grössen und die mittlere Grösse allein nimmt und dann das Mittel berechnet, als logaritmisches Decrement der Achse

$$0.2138 \pm 75.$$

Wird als Normalwerth der Ladung 100.60 statt 100.55 gebraucht, so folgt in derselben Weise das logaritmische Decrement

$$0.2266 \pm 89.$$

Andererseits hat man wie auf p. 640 nach der Theorie für das Decrement der Achse

$$\varphi = M\lambda \frac{T}{2}, \tag{24}$$

worin T der Werth (5) p. 642 ist. Beim Einsetzen der numerischen Werthe

$$\lambda = 270.85 \frac{1}{\text{Sec.}} \text{ und } T = 0.003871 \text{ Sec.}$$

ergiebt sich das logaritmische Decrement

$$0.2277,$$

welcher Werth mit wünschbarer Genauigkeit mit dem experimentell gefundenen Werthe übereinstimmt.

Für die Curve A b N:o 4 ist das Achsendecrement der Curve entlang nicht so constant wie bei der Curve A a N:o 5. Die volle Ladung beträgt 100.71 Sc. Th. Nimmt man aber stattdem im Curvenanfang 100.61 Sc. Th., so berechnet sich als logaritmisches Decrement der Achse

$$0.2573 \pm 228,$$

während der theoretische Werth gleich

$$0.2391$$

ist.

Auch in Bezug auf die Achse der oscillirenden Ladungscurven stimmen nach dem Obigen Theorie und Erfahrung mit einander überein.

XIV, XV, XVI, XVII und XVIII.

Mit denjenigen Anordnungen, welche in dem theoretischen Theile dieser Arbeit in den betreffenden, hier aufgezählten fünf Abschnitten betrachtet worden sind, wurden keine Experimente angestellt. Uebrigens ist wegen der geringeren Bedeutung, welche diesen Anordnungen zukommt, wie ersichtlich schon die theoretische Behandlung derselben möglichst kurz gehalten worden.

XIX. Verzweigter Stromkreis mit gegenseitiger Induktion zwischen beiden Zweigen.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die für die Versuche dieses Abschnitts gebrauchte Anordnung unterschied sich nur dadurch von der für die Versuche des Abschnitts XI verwendeten Anordnung, dass die beiden Zweige mit den Selbstinduktionscoefficienten L_1 und L_2 von Abtheilungen derselben Spule (die Spule N:o II) gebildet waren, so dass zwischen ihnen eine kräftige gegenseitige Induktion stattfand. Der Coefficient M der gegenseitigen Induktion wird positiv oder negativ gerechnet, je nachdem der Strom die Windungen beider Spulenabtheilungen in demselben oder in entgegesetztem Sinne durchläuft (vergl. p. 386). Es tritt das erstere ein bei den unten verzeichneten Reihen A, das letztere bei der Reihe B. Sämmtliche aufgenommene Curven sind Ladungscurven. Die Bezeichnungen stimmen mit denjenigen der Figur 57 p. 386 überein.

Reihe A a. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.59$ Ohm. $W_2 = 1.36$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.59, 31.01, 64.04, 181.30, 299.25, 486.92, 3082.6 und 10080.0 Ohm.

Reihe A b. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 50.81$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.59 und 31.01 Ohm.

Reihe A c. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 289.79$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.59 und 31.01 Ohm.

Reihe A d. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 875.8$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.59 und 31.01 Ohm.

N:o 1.

Reihe A e. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry, $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 6999.4$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.59 und 31.01 Ohm.

Reihe B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry.
$M = -0.1233$ Henry. $W_1 = 1.49$ Ohm. $W_2 = 1.36$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

W: 0.58 und 30.99 Ohm.

2. **Wurzelberechnungen zu der Gleichung (34) p. 392.** Wenn die Widerstände W_1, W_2 und W nicht zu gross sind, so hat die Gl. (34) p. 392, d. h.

$$(L_1 L_2 - M^2) r^3 - \{(W + W_2) L_1 + (W + W_1) L_2 - 2 W M\} r^2 +$$
$$+ \left\{ W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1 + L_2 - 2M}{C} \right\} r - \frac{W_1 + W_2}{C} = 0 \tag{1}$$

nur eine reelle Wurzel λ, für welche eine Entwickelung jetzt aufgestellt werden soll. Man findet mit überall drei Gliedern

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} \left\{ 1 + \frac{C\left[W_2 (L_1 - M) - W_1 (L_2 - M)\right]^2}{(L_1 + L_2 - 2M)^3} \right.$$
$$\left. - \frac{C^2 \left[W_2 (L_1 - M) - W_1 (L_2 - M)\right]^2}{(L_1 + L_2 - 2M)^6} \left[\left(W_2 (L_1 - M) - W_1 (L_2 - M) \right)^2 + \right. \right.$$
$$\left. \left. + (W W_1 + W W_2 + W_1 W_2)(L_1 + L_2 - 2M)^2 \right] \right\}. \tag{2}$$

Dieser Ausdruck zeigt, dass die Ungleichheit

$$\lambda > \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} \tag{3}$$

befriedigt ist. Nach der ersten Formel (73) p. 400 ist die Ordinate der Exponentialachse der für kleine Werthe der Widerstände hervorgehenden Schwingungscurve gleich

$$E = \frac{1}{(\lambda - a)^2 + \beta^2} \frac{J_0}{C^2} \frac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} \left(\lambda - \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} \right) \frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}, \tag{4}$$

Das zweite Glied in diesem Ausdrucke ist also positiv; sämmtliche Ordinaten sind grösser als E und nehmen mit der Zeit ab. Dies wird auch durch das experimentelle Material bestätigt. Es sind aber die Abweichungen der Exponentialachsen von einer geraden Linie bei den in diesem Abschnitt zu betrachtenden Curven überhaupt sehr klein und fast nur bei den Curven der Reihe A b bemerkbar, indem sie im Maximum etwa einen Scalentheil erreichen. Auf eine besondere Behandlung

der Exponentialachsen, wie in den Abschn. XI und XIII, soll deshalb hier nicht eingegangen werden.

Mit einem grossen Werthe des Widerstandes W_2 berechnet man folgende Wurzel der Gl. (1), wobei drei Glieder angegeben werden sollen,

$$\lambda = \frac{L_1}{L_1 L_2 - M^2} W_2 \left\{ 1 + \frac{W(L_1 - M)^2 + W_1 M^2}{L_1^2} \frac{1}{W_2} + \right.$$

(5)

$$\left. + \frac{\left[W(L_1 - M) - W_1 M\right]^2 - \frac{L_1}{C}(L_1 - M)^2}{L_1^4} \frac{L_1 L_2 - M^2}{W_2^2} \right\}.$$

Wenn der Widerstand W genügend gross ist, so sind alle drei Wurzeln der Gl. (1) reel und man erhält nach Ausführung der Rechnungen bis auf die Glieder mit $\frac{1}{W}$ die Werthe

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \dfrac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1 L_2 - M^2} W \left\{ 1 + \dfrac{W_2 (L_1 - M)^2 + W_1 (L_2 - M)^2}{(L_1 + L_2 - 2M)^2} \dfrac{1}{W} + \right. \\ \qquad \left. + \dfrac{\left[W_2 (L_1 - M) - W_1 (L_2 - M)\right]^2 - \dfrac{(L_1 + L_2 - 2M)^3}{C}}{(L_1 + L_2 - 2M)^4} \dfrac{L_1 L_2 - M^2}{W^2} \right\}, \\ \lambda_2 = \dfrac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} \left\{ 1 - \dfrac{\left[W_2 (L_1 - M) - W_1 (L_2 - M)\right]^2}{(W_1 + W_2)(L_1 + L_2 - 2M)^2} \dfrac{1}{W} \right\}, \\ \lambda_3 = \dfrac{1}{C W}. \end{array} \right.$$

(6)

Nach der Formel (56) p. 397 ist die aperiodische Ladung von der Art (A), wobei H beständig wächst, wenn die Ungleichheit

$$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1 + L_2 - 2M} \qquad (7)$$

befriedigt ist. Die Ausdrücke (6) zeigen, dass für ein genügend grosses W schon die Wurzel λ_2 kleiner als das rechte Glied in (7) ist und dass die Wurzel λ_3 überhaupt eine kleine Grösse ist.

Die letzten Curven der Reihe A a in den Tabellen XIX sind aperiodische Ladungscurven und zwar von der Art (A), wie die Theorie verlangt.

3. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.**

Weil die periodischen Curven dieses Abschnitts sehr nahe regelmässig gedämpfte Sinuslinien darstellen, so ist über die Bestimmung der experimentellen Werthe der Oscillationszeit und des Decrementes nichts besonderes zu sagen. Die berechneten

Werthe folgen in gewöhnlicher Weise, nachdem die reelle Wurzel λ der Gl. (1) durch Auflösung dieser Gleichung oder mittels einer der Näherungsformeln des Artikels 2 oben bestimmt worden ist, auf Grund der Formeln

$$2a = \frac{W(L_1 + L_2 - 2M) + W_1 L_2 + W_2 L_1}{L_1 L_2 - M^2} - \lambda, \tag{8}$$

$$\alpha^2 + \beta^2 = \frac{W_1 + W_2}{C(L_1 L_2 - M^2)} \frac{1}{\lambda}, \tag{9}$$

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{10}$$

$$\lambda = \frac{Ma}{\beta}, \tag{11}$$

wo M in der letzten Formel den Modulus des Logaritmensystems darstellt. Es erübrigt noch darzulegen, wie die Zusatzwiderstände gewählt worden sind. Das natürlichste wäre wohl einen gewissen Widerstand w_1 zu W_1 und einen Widerstand w_2 zu W_2 zu fügen und dieselben Werthe von w_1 und w_2 für alle Reihen A beizubehalten. Indessen ist die Bestimmung dieser Widerstände w_1 und w_2 etwas unsicher. Wir wollen uns deshalb mit einem Widerstande w begnügen, den wir zu W fügen. Weil aber w für alle Reihen A nicht denselben Werth haben kann, wie unmittelbar einleuchtet, wenn man auch den Grenzfall $W_2 = \infty$ in Betracht zieht, so bestimmen wir w für jede Reihe besonders, so dass das theoretische und das experimentell hervorgehende Decrement für die erste Curve der Reihe mit einander übereinstimmen. Dabei ergeben sich folgende Zusammenstellungen.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = +0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	0.59	12.42	1.51	1.38	3.408 ± 1.1	3.400	+0.2
„ N:o 2	31.01	42.84	1.51	1.38	3.445 ± 6.9	3.405	+1.2
„ N:o 3	64.04	75.87	1.51	1.38	3.486 ± 9.3	3.434	+1.5
„ N:o 4	181.30	193.13	1.51	1.38	3.755 ± 14	3.647	+2.8
A b N:o 1	0.59	12.79	1.51	50.87	3.483 ± 14	3.447	+1.0
„ N:o 2	31.01	43.21	1.51	50.87	3.511 ± 12	3.467	+1.3
A c N:o 1	0.59	8.88	1.51	290.03	3.895 ± 7.1	3.834	+1.6
„ N:o 2	31.01	39.30	1.51	290.03	3.955 ± 2.6	3.876	+2.0
A d N:o 1	0.59	9.00	1.51	876.4	3.964 ± 4.8	3.913	+1.3
„ N:o 2	31.01	39.42	1.51	876.4	4.011 ± 6.4	3.935	+1.9
A e N:o 1	0.59	9.60	1.51	6999.9	3.945 ± 4.5	3.923	+0.6
„ N:o 2	31.01	40.02	1.51	6999.9	4.009 ± 6.6	3.933	+1.9

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = -0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
B N:o 1	0.58	16.20	1.50	1.37	1.359 ± 3.2	1.400	-3.0
„ N:o 2	30.99	46.61	1.50	1.37	1.450 ± 3.3	1.429	$+1.4$

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = +0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	0.59	12.42	1.51	1.38	0.03375 ± 15	0.03375	0.0
„ N:o 2	31.01	42.84	1.51	1.38	0.11489 ± 33	0.11158	$+2.9$
„ N:o 3	64.04	75.87	1.51	1.38	0.20332 ± 7.5	0.19766	$+2.8$
„ N:o 4	181.30	193.13	1.51	1.38	0.53808	0.53095	$+1.3$
A b N:o 1	0.59	12.79	1.51	50.87	0.09186 ± 8.3	0.09185	0.0
„ N:o 2	31.01	43.21	1.51	50.87	0.17054 ± 1.6	0.17143	-0.5
A c N:o 1	0.59	8.88	1.51	290.03	0.10451 ± 27	0.10452	0.0
„ N:o 2	31.01	39.30	1.51	290.03	0.17987 ± 26	0.17709	$+1.5$
A d N:o 1	0.59	9.00	1.51	876.4	0.05393 ± 6.4	0.05392	0.0
„ N:o 2	31.01	39.42	1.51	876.4	0.12472 ± 71	0.12195	$+2.2$
A e N:o 1	0.59	9.60	1.51	6999.9	0.02846 ± 2.7	0.02846	0.0
„ N:o 2	31.01	40.02	1.51	6999.9	0.09902 ± 5.8	0.09592	$+3.1$

$C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = -0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
B N:o 1	0.58	16.20	1.50	1.37	0.10536 ± 21	0.10539	0.0
„ N:o 2	30.99	46.61	1.50	1.37	0.31289	0.30101	$+3.8$

Die obigen Zahlen zeigen, dass die Theorie richtige Werthe für die Oscillationszeit und die Dämpfung giebt. Im allgemeinen sind die Werthe „T beob." ein wenig grösser als die Werthe „T ber.", wie es auch meistens früher der Fall gewesen ist und was hauptsächlich von Fehlern bei der Zeitbestimmung mittels des Pendelunterbrechers herrühren möchte. Für ein negatives M stimmen die Zeiten T weniger gut mit einander überein. Man beachte den grossen Unterschied zwischen entsprechenden Werthen von T für ein positives M und ein negatives M. Der asymptotische Werth von T für unendlich kleine Widerstände beträgt

(12) $$T = 2\pi \sqrt{\frac{(L_1 L_2 - M^2)\, C}{L_1 + L_2 - 2M}}$$

und lässt den genannten Unterschied deutlich hervortreten. Für die obigen Werthe von L_1, L_2, M und C berechnet man $T = 3.399$ oder 1.396 Millisec., je nachdem M positiv oder negativ ist.

Der Zusatzwiderstand w hat für die Reihen A a, A b, A c, A d und A e bez. den Werth $w = 11.83$, 12.20, 8.29, 8.41 und 9.01 Ohm. Für $W_2 = \infty$ hat man nach p. 540 Reihe $C_5 L_2$ $w = 8.89$ Ohm und nach einer späteren Bestimmung $w = 9.06$ Ohm. Es zeigen diese Werthe keine besondere Regelmässigkeit, aber andererseits ist es schwierig irgend welche theoretische Schlüsse über die Variabilität von w zu ziehen.

4. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** In der Reihe A a finden sich sowohl periodische wie aperiodische Ladungscurven und zwar liegt die Grenze nahe der Curve N:o 6, welche dem Widerstande $W = 486.9$ Ohm entspricht. Es soll der theoretische Werth des Grenzwiderstandes berechnet werden. Zu diesem Zwecke muss die Gl. $D' = 0$ (siehe p. 393) in Bezug auf W aufgelöst werden. Es wird diese Gleichung in die Form

(13) $$H_0 W^4 + H_1 W^3 + H_2 W^2 + H_3 W + H_4 = 0$$

gesetzt, wobei man zugleich die Coefficienten H nach wachsenden Potenzen der Widerstände W_1 und W_2 ordnet, weil ja diese Grössen in der Reihe A a kleine Werthe haben. Man findet dabei

$$H_0 = (W_1 + W_2)^2 (L_1 + L_2 - 2M)^2,$$

$$H_1 = -2 (W_1 + W_2) \frac{(L_1 + L_2 - 2M)^3}{C} +$$

$$+ 2 (W_1 + W_2) \{(W_1 + W_2)(W_1 L_2 + W_2 L_1)(L_1 + L_2 - 2M) - 2 (W_1 + W_2)^2 (L_1 L_2 - M^2) +$$

$$+ W_1 W_2 (L_1 + L_2 - 2M)^2\},$$

$$H_2 = \frac{(L_1 + L_2 - 2M)^4}{C^2} - 2 \frac{L_1 + L_2 - 2M}{C} \{(L_1 + L_2 - 2M)[W_2 (3 W_1 + 4 W_2) L_1 + W_1 (3 W_2 + 4 W_1) L_2 +$$

$$+ 2 W_1 W_2 M] - 3 (W_1 + W_2)^2 (L_1 L_2 - M^2)\} + (W_1 + W_2)^2 \{(W_1 L_2 - W_2 L_1)^2 + 4 W_1 W_2 M^2\} +$$

$$+ 4 W_1 W_2 (W_1 + W_2) \{(L_1 + L_2 - 2M)(W_1 L_2 + W_2 L_1) - 2 (W_1 + W_2)(L_1 L_2 - M^2)\} +$$

$$+ W_1^2 W_2^2 (L_1 + L_2 - 2M)^2,$$

$$H_3 = 2\frac{(L_1+L_2-2M)^2}{C^2}\left\{(W_1L_2+W_2L_1)(L_1+L_2-2M)+3(W_1+W_2)(L_1L_2-M^2)\right\}+$$

$$+\frac{2}{C}\left\{3(W_1+W_2)(L_1L_2-M^2)\left[3(W_1^2L_2+W_2^2L_1)+2W_1W_2(L_1+L_2+M)\right]\right.$$

$$\left.-(W_1L_2+W_2L_1)(L_1+L_2-2M)\left[5(W_1^2L_2+W_2^2L_1)+3W_1W_2(L_1+L_2)+4W_1W_2M\right]\right\}+$$

$$+2W_1W_2\left\{(W_1+W_2)\left[(W_1L_2-W_2L_1)^2-2W_1W_2(L_1L_2-3M^2)\right]+W_1W_2(W_1L_2+W_2L_1)(L_1+L_2-2M)\right\},$$

$$H_4 = -\frac{4(L_1+L_2-2M)^3}{C^3}(L_1L_2-M^2)+\frac{(L_1+L_2-2M)^2}{C^2}\left\{(W_1L_2+W_2L_1)^2-12W_1W_2(L_1L_2-M^2)\right\}+$$

$$+9(W_1+W_2)\frac{L_1L_2-M^2}{C^2}\left\{2(W_1L_2+W_2L_1)(L_1+L_2-2M)-3(W_1+W_2)(L_1L_2-M^2)\right\}+$$

$$+\frac{6}{C}W_1W_2(L_1L_2-M^2)\left\{W_2(W_1+3W_2)L_1+W_1(W_2+3W_1)L_2+4W_1W_2M\right\}$$

$$-\frac{2}{C}(W_1L_2+W_2L_1)^2\left\{W_2(W_1+2W_2)L_1+W_1(W_2+2W_1)L_2+2W_1W_2M\right\}+$$

$$+W_1^2W_2^2\left\{(W_1L_2-W_2L_1)^2+4W_1W_2M^2\right\}.$$

Mit den der Reihe Aa angehörenden Werthen berechnet man als Gleichung (13)

(14) $$(34.92266)\,W^4-(48.45731)\,W^3+(61.38941)\,W^2+(71.93408)\,W-(84.84610)=0,$$

wobei die Logaritmen der Coefficienten angegeben sind. Diese Gleichung hat die Wurzel

(15) $$W=533.9 \text{ Ohm}.$$

Hätte man zur Vereinfachung mit den Werthen $W_1=0$ und $W_2=0$ gerechnet, so würde man statt (14) die Gleichung

(16) $$W^2-4\frac{L_1L_2-M^2}{L_1+L_2-2M}\frac{1}{C}=0$$

erhalten haben, deren positive Wurzel

(17) $$W=534.8 \text{ Ohm}$$

sehr unbedeutend von dem Werthe (15) verschieden ist.

Der Werth (15) des Widerstandes W in dem Uebergangsfalle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung stimmt, in so weit eine Controle hier möglich ist, mit dem experimentell hervorgehenden Werthe überein.

XX. Die Anordnung im Abschnitt XIII, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Für die in diesem Abschnitt zu beschreibenden Versuche wurde eine ganz ähnliche Versuchsanordnung gebraucht wie für die Versuche des Abschnitts XIII, nur mit dem Unterschiede, dass zwischen den Selbstinduktion enthaltenden beiden Theilen des Stromkreises eine gegenseitige Induktion stattfand, wie im Abschn. XIX. Die Bezeichnungen sind dieselben wie in der Fig. 58 p. 402. Alle aufgenommenen Curven sind Ladungscurven und ordnen sich zu folgenden Reihen.

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_1 = 1.36$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe Aa. $W = 2.06$ Ohm. $W_2 = 7001.6$, 874.8, 288.53 und 49.46 Ohm.

Reihe Ab. $W = 31.89$ Ohm. $W_2 = 7000.5$, 874.8, 288.53 und 49.46 Ohm.

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = +0.1233$ Henry. $W_2 = 874.4$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm).

Reihe Ba. $W_1 = 1.36$ Ohm. W: 2.08, 31.91, 65.51, 182.75, 231.27, 488.29, 810.1, 1131.0, 3083.2 und 9210.0 Ohm.

Reihe Bb. $W_1 = 50.84$ Ohm. $W = 2.10$ Ohm.

Die Curven Aa N:o 2 und Ba N:o 1, Ab N:o 2 und Ba N:o 2 sind identisch. Die ganze Anzahl beträgt 17.

2. **Wurzelberechnung zu der Gleichung (25) p. 406.** Für nicht zu grosse Widerstände W, W_1 und W_2 hat die Gleichung (25) p. 406, d. h.

$$(LL_1 - M^2)\, r^3 - \{(W_1 + W_2)\, L + (W + W_2)\, L_1 + 2\, W_2 M\}\, r^2 +$$
$$+ \left\{ W W_1 + W W_2 + W_1 W_2 + \frac{L_1}{C} \right\} r - \frac{W_1 + W_2}{C} = 0 \tag{1}$$

nur eine reelle Wurzel λ. Indem man drei Glieder nimmt, findet man für diese Wurzel die Entwickelung

$$\lambda = \frac{W_1 + W_2}{L_1}\left\{1 + \frac{C\left[W_2(L_1+M)+W_1M\right]^2}{L_1^3} + \frac{C^2\left[W_2(L_1+M)+W_1M\right]^2}{L_1^6}\left[2\left(W_2(L_1+M)+W_1M\right)^2 + \right.\right.$$
$$\left.\left. + (WW_1 + WW_2 + W_1W_2)L_1^2 - (W_1+W_2)^2(LL_1-M^2)\right]\right\}. \tag{2}$$

Dieser Ausdruck zeigt, dass

$$\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1} \tag{3}$$

positiv ist. Nach der ersten Formel (49) p. 411 ist die Ordinate der Exponentialachse einer periodischen Ladungscurve gleich

$$E + \frac{1}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1J_0}{C^2(LL_1-M^2)}\left(\lambda - \frac{W_1+W_2}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \tag{4}$$

und stellt somit eine mit wachsender Zeit abnehmende Grösse dar. Dieser Schluss wird auch von den Beobachtungen bestätigt; nur sind die Abweichungen der Achsen sämmtlicher Schwingungscurven von einer geraden Linie überhaupt so klein (im Maximum etwa 0.2 bis 0.3 Scalentheile), dass wir diese Achsen nicht weiter untersuchen werden.

Für einen grossen Werth des Widerstandes W_2 berechnet man als einzige, event. grösste reelle Wurzel der Gl. (1) oben

$$\lambda = \frac{W_2(L+L_1+2M)}{LL_1-M^2}\left\{1 + \frac{W(L_1+M)^2 + W_1(L+M)^2}{(L+L_1+2M)^2}\frac{1}{W_2}\right.$$
$$\left. - \frac{LL_1-M^2}{(L+L_1+2M)^4}\left[\frac{(L+L_1+2M)(L_1+M)^2}{C} - \left(W(L_1+M) - W_1(L+M)\right)^2\right]\frac{1}{W_2^2}\right\}. \tag{5}$$

Wenn man den Widerstand W genügend gross nimmt, so erhält man einen aperiodischen Vorgang und die Gleichung (1) hat drei reelle Wurzeln λ_1, λ_2 und λ_3. Für diese Wurzeln entwickelt man dann, bis auf die Glieder mit $\frac{1}{W}$ fortschreitend, folgende Ausdrücke:

$$\begin{cases} \lambda_1 = \dfrac{L_1}{LL_1-M^2}W\left\{1 + \dfrac{W_2(L_1+M)^2+W_1M^2}{L_1^2}\dfrac{1}{W} - \dfrac{LL_1-M^2}{L_1^4}\left[\dfrac{L_1^3}{C} - \left(W_2(L_1+M)+W_1M\right)^2\right]\dfrac{1}{W^2}\right\}, \\ \lambda_2 = \dfrac{W_1+W_2}{L_1}\left\{1 - \dfrac{\left[W_2(L_1+M)+W_1M\right]^2}{(W_1+W_2)L_1^2}\dfrac{1}{W}\right\}, \\ \lambda_3 = \dfrac{1}{CW}. \end{cases} \tag{6}$$

Als Bedingung, dass die aperiodische Ladung von der Art (A) sei, hat man nach p. 409

$$\lambda_3 < \frac{W_1 + W_2}{L_1}. \tag{7}$$

Nach der mittleren Formel (6) ist für ein genügend grosses W schon

$$\lambda_2 < \frac{W_1 \quad W_2}{L_1}$$

und λ_3 überhaupt klein.

In der Reihe Ba kommen auch aperiodische Ladungscurven vor, und zwar sind sie von der Art (A), wie die obige Theorie verlangt.

3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.

Die periodischen Ladungscurven dieses Abschnittes sind sehr nahe regelmässig gedämpfte Sinuslinien (vergl. p. 659), deren Oscillationszeit und Decrement in gewöhnlicher Weise bestimmt werden. Zur Berechnung der theoretischen Werthe von T und γ wird zuerst die reelle Wurzel λ der Gl. (1) in angemessener Weise ermittelt und alsdann von den Formeln

$$2a \quad \frac{(W_1 + W_2) L + (W + W_2) L_1 + 2 W_2 M}{L L_1 - M^2} - \lambda, \tag{8}$$

$$\alpha^2 - \beta^2 \quad \frac{W_1 + W_2}{C(L L_1 - M^2)} \lambda \tag{9}$$

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{10}$$

$$\lambda = \frac{M a \pi}{\beta} \tag{11}$$

Gebrauch gemacht. Bei diesen Berechnungen muss der Widerstand W ähnlich wie im Abschm. XIII mit einem Zusatzwiderstande w vergrössert werden, und zwar kann man hier denselben Werth von w bei allen Curven anwenden. Bestimmt man w so, dass das experimentelle und theoretische Decrement für die Curve Aa N:o 1 mit einander übereinstimmen, so erhält man $w = 10.81$ Ohm. Dieser Werth ist sehr wenig verschieden von dem Werthe $w = 10.67$ Ohm, welcher für $W_2 = \infty$ hervorgeht (siehe p. 539, Reihe $C_5 L_4$). Folgende Tabellen enthalten die Werthe der Grössen T und γ.

C = 2.0229 Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry. $w = 10.81$ Ohm

Bezeichn.	$W + w$ in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	T beob.	T ber.	Diff in Proc.
Aa N:o 1	12.90	1.38	7001.6	6.899 ± 6.3	6.886	+0.2
„ N:o 2	12.90	1.37	874.8	6.949 ± 7.5	6.901	+0.7
„ N:o 3	12.89	1.37	288.53	7.062 ± 1.0	6.964	+1.4
Ab N:o 1	42.72	1.37	7000.5	6.949 ± 0.6	6.896	+0.8
„ N:o 2	42.72	1.37	874.8	7.036 ± 2.8	6.945	+1.3
„ N:o 3	42.72	1.37	288.53	7.165 ± 12	7.091	+1.0
Ba N:o 1	12.89	1.37	874.8	6.949 ± 0.6	6.901	+0.7
„ N:o 2	42.72	1.37	874.8	7.036 ± 2.8	6.945	+1.3
„ N:o 3	76.32	1.37	874.9	7.099 ± 1.9	7.001	+1.4
„ N:o 4	193.56	1.37	874.9	7.310 ± 25	7.251	+0.8
„ N:o 5	242.08	1.37	874.9	7.840 ± 106	7.382	+5.8
„ N:o 6	499.10	1.37	874.9	8.825	8.429	+4.5
Bb N:o 1	12.91	50.84	874.9	6.855 ± 10	6.876	−0.3

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry. $w = 10.81$ Ohm.

Bezeichn.	$W + w$ in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
Aa N:o 1	12.90	1.38	7001.6	0.02953 ± 5.8	0.02953	0.0
„ N:o 2	12.90	1.37	874.8	0.10946 ± 16	0.11055	−1.0
„ N:o 3	12.89	1.37	288.53	0.30449 ± 70	0.30648	−0.7
Ab N:o 1	42.72	1.37	7000.5	0.06972 ± 8.0	0.06712	+3.7
„ N:o 2	42.72	1.37	874.8	0.14968 ± 22	0.14824	+1.0
„ N:o 3	42.72	1.37	288.53	0.34743 ± 7.2	0.34495	+0.7
Ba N:o 1	12.89	1.37	874.8	0.10946 ± 16	0.11055	−1.0
„ N:o 2	42.72	1.37	874.8	0.14968 ± 22	0.14824	−1.0
„ N:o 3	76.32	1.37	874.9	0.19048 ± 20	0.19074	−0.1
„ N:o 4	193.56	1.37	874.9	0.34040 ± 36	0.34141	−0.3
„ N:o 5	242.08	1.37	874.9	0.41252	0.40577	+1.6
„ N:o 6	499.10	1.37	874.9	0.75712	0.79006	−4.3
Bb N:o 1	12.91	50.84	874.9	0.16691 ± 11	0.16993	−1.8

Die Uebereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werthen ist sowohl für die Oscillationszeit T wie für das Decrement γ im Allgemeinen befriedigend. Die am meisten auffallende Abweichung zeigt das Decrement der Curve N:o 1.

Ab N:o 1. Für sämmtliche Decremente hat man als Mittel der Differenzen in der letzten Columne nur — 0.1.

Die Theorie des betreffenden Ladungsvorganges wird also durch die Erfahrung bestätigt.

4. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** Die Reihe Ba erlaubt eine Bestimmung der Uebergangsgrenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung bei verändertem Widerstande W, und zwar liegt die Grenze etwa bei dem Werthe $W = 1100$ Ohm. Um den entsprechenden theoretischen Werth zu berechnen, muss die Gleichung $D' = 0$ aufgelöst werden, worin D' der Ausdruck (28) p. 406 ist. In der Reihe Ba ist der Widerstand $W_1 = 1.37$ Ohm klein, und man begeht einen unerheblichen Fehler, wenn man $W_1 = 0$ setzt, was hier der einfacheren Rechnung wegen gestattet sein mag. Alsdann erhält man als Gl. $D' = 0$ die folgende:

$$H_0 W^4 + H_1 W^3 + H_2 W^2 + H_3 W + H_4 = 0, \tag{12}$$

worin die Coefficienten H die Werthe

$$H_0 = W_2^2 L_1^2,$$

$$H_1 = 2 W_2 \left\{ W_2^2 \left[(L_1 + M)^2 - (L L_1 - M^2) \right] - \frac{L_1^3}{C} \right\},$$

$$H_2 = W_2^4 (L + L_1 + 2M)^2 - 2 W_2^2 \frac{L_1}{C} \left\{ 4 (L_1 + M)^2 + L L_1 - M^2 \right\} + \frac{L_1^4}{C^2},$$

$$H_3 = -2 \frac{W_2}{C} \left\{ W_2^2 (L + L_1 + 2M) \left[5 (L_1 + M)^2 - 4 (L L_1 - M^2) \right] \right.$$

$$\left. - \frac{L_1^2}{C} \left[(L_1 + M)^2 + 4 (L L_1 - M^2) \right] \right\},$$

$$H_4 = -\frac{1}{C} \left\{ 4 W_2^4 (L + L_1 + 2M)^3 - \frac{W_2^2}{C} \left[L_1^2 (L + L_1 + 2M)^2 + 9 (L L_1 - M^2) \left(2 (L_1 + M)^2 - (L L_1 - M^2) \right) \right] + \right.$$

$$\left. + 4 \frac{L_1^3}{C^2} (L L_1 - M^2) \right\}$$

haben.

Beim Einsetzen der numerischen Werthe folgt die Gleichung

$$(76.25952)\ W^4 + (79.90588)\ W^3 + (83.22737)\ W^2 - (86.10390)\ W - (89.37477) = 0,$$

worin die Logaritmen der Coefficienten angegeben sind und W in Ohm zu rechnen ist. Diese Gleichung hat die positive reelle Wurzel

$W = 1158$ Ohm,

und dieser Werth stimmt genügend genau mit dem experimentell erhaltenen Werthe überein.

XXI.

Mit der in der Abtheilung XXI des theoretischen Theiles behandelten Anordnung des Stromkreises sind keine Experimente gemacht worden.

XXII. Unverzweigter Stromkreis mit Nebenkreis.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die Versuchsanordnung, mit welcher die jetzt zu behandelnden Curven, welche alle Ladungscurven sind, aufgenommen wurden, unterschied sich von dem für die Ladungscurven des Abschn. I angewendeten Anordnung mit einem unverzweigten Stromkreise nur dadurch, dass neben dem Hauptstromkreise ein isolirter, geschlossener Nebenstromkreis vorhanden war. Beide Stromkreise waren durch Abtheilungen derselben Induktionsspule gebildet und übten somit eine gegenseitige Induktion auf einander aus. Die Bezeichnungen sind die in der Figur 60 p. 443 gebrauchten. Das gesammte Beobachtungsmaterial ordnet sich zu folgenden Reihen.

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe Aa. $W = 2.06$ Ohm. $W_1 = \infty$; 7003.6, 876.2, 289.96, 50.84 und 1.37 Ohm.

Reihe Ab. $W = 32.46$ Ohm. $W_1 = \infty$, 7003.2, 876.2, 289.95, 50.85 und 1.37 Ohm.

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. ($w = 510.3$ Ohm.)

$W_1 = 1.37$ Ohm. W: 2.07, 32.50, 65.49, 182.72, 301.23, 488.22, 3082.8 und 10083.6 Ohm.

Abth. C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe Ca. $W_1 = 1.49$ Ohm. W: 1.95, 32.37 und 65.36 Ohm.

Reihe Cb. $W_1 = 50.94$ Ohm. W: 1.94 und 32.35 Ohm.

Abth. D. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $W_1 = \infty$. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 1.95 und 32.35 Ohm.

Die Curven Aa N:o 6 und B N:o 1, Ab N:o 6 und B N:o 2 sind identisch. Die ganze Anzahl aufgenommener Ladungscurven beträgt 25, unter denen sich vier

befinden, bei welchen $W_1 = \infty$ ist, d. h. der Nebenstromkreis offen gewesen ist. Diese letzteren gehören also eigentlich zu dem Abschn. I, sind aber hier vergleichsweise und behufs gewisser Constantenbestimmungen aufgenommen worden.

2. **Wurzelberechnungen zu der Gleichung (16) p. 446. Angenäherte Ausdrücke für die Oscillationszeit und das Decrement der periodischen Curven.** Wenn der Widerstand W_1 in dem Nebenstromkreise gross ist, so erhält man als einzige, event. grösste reelle Wurzel der Gl. (16) p. 446, d. h.

$$(LL_1 - M^2)\, r^3 - (WL_1 + W_1 L)\, r^2 + \left(W W_1 + \frac{L_1}{C}\right) r - \frac{W_1}{C} = 0, \tag{1}$$

$$\lambda = \frac{1}{LL_1 - M^2}\left\{L W_1 + \frac{M^2}{L} W - \frac{M^2}{L^3}(LL_1 - M^2)\left(\frac{L}{C} - W^2\right)\frac{1}{W_1} + \right.$$
$$\left. + \frac{M^2}{L^5}(L L_1 - M^2)\, W\left[(LL_1 - 2M^2)\, W^2 - \frac{L}{C}(2LL_1 - 3M^2)\right]\frac{1}{W_1^2}\right\}. \tag{2}$$

Wenn der Vorgang periodisch ist, so folgt dann weiter

$$2a = \frac{W}{L}\left\{1 + \frac{M^2}{L^2}\left(\frac{L}{C} - W^2\right)\frac{1}{W W_1} + \frac{M^2}{L^4}\left[\frac{L}{C}(2LL_1 - 3M^2) - (LL_1 - 2M^2)\, W^2\right]\frac{1}{W_1^2}\right\}. \tag{3}$$

Ferner hat man zur Berechnung der Oscillationszeit T und des Decrementes γ der um die Exponentialachse herum stattfindenden Schwingungen

$$\beta^2 + a^2 = \frac{W_1}{C(LL_1 - M^2)}\frac{1}{\lambda}, \tag{4}$$

$$T = \frac{2\pi}{\beta}, \tag{5}$$

$$\gamma = \frac{Ma\pi}{\beta}. \tag{6}$$

Es sollen auch die Ausdrücke für T und γ in Reihen nach wachsenden Potenzen von $\frac{1}{W_1}$ entwickelt werden, jedoch begnügen wir uns mit einem Gliede weniger als in den Reihen (2) und (3) für λ und $2a$. Alsdann folgt

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}}\left\{1 + \frac{3\frac{L}{C} - W^2}{4\frac{L}{C} - W^2}\frac{M^2 W}{L^2 W_1}\right\}, \tag{7}$$

$$\frac{\gamma}{M\pi} = \frac{a}{\beta} = \frac{1}{2}\frac{W\sqrt{\frac{C}{L}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}\frac{C}{L}W^2}}\left\{1 + 2\frac{2\frac{L}{C} - W^2}{4\frac{L}{C} - W^2}\frac{M^2}{LC}\frac{1}{W W_1}\right\}. \tag{8}$$

In der in der Fussnote auf p. 443 erwähnten Arbeit betrachtet HIECKE die mit einem Nebenkreis erhaltene Schwingungscurve als eine Deformation der ohne Nebenkreis folgenden Curve. HIECKE hat aus seinen Beobachtungen gefunden, dass die Deformation mannigfacher Art sein kann, indem die Form der Curve sich verändern kann, die Oscillationszeit wachsen oder abnehmen kann und die Dämpfung mehr oder weniger zunimmt. Wir können jetzt in Bezug auf diese Verhältnisse etwas näher precisiren, und zwar folgt aus den obigen Formeln (7) und (8), dass für ein genügend grosses W_1 und ein nicht zu grosses W die Oscillationszeit T und das Decrement γ der s. g. deformirten Curve grösser sind als bei der ursprünglichen Curve, welche dem Werthe $W_1 = \infty$ entspricht. Ferner nehmen sowohl T wie γ zu, wenn W_1 abnimmt, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze. Dieses Verhalten von T und γ geht besonders aus der experimentellen Reihe A b (Art. 3 unten) deutlich hervor.

Betrachten wir ferner den Fall, dass die Widerstände W und W_1 klein im Verhältniss zu den Grössen $\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\sqrt{\frac{L_1}{C}}$ und $\sqrt{\frac{M}{C}}$ sind. Alsdann entwickelt man als einzige reelle Wurzel der Gl. (1)

$$\lambda = \frac{W_1}{L_1}\left\{1 + \frac{M^2 C}{L_1^3} W_1^2 + \frac{M^2 C^2}{L_1^6}\left[W L_1^2 - W_1 (L L_1 - 3M^2)\right] W_1^3 + \right.$$
$$\left. + \frac{M^2 C^3}{L_1^9}\left[W L_1^2 - W_1 (L L_1 - 3M^2)\right]^2 W_1^4 + \frac{M^4 C^3}{L_1^9}\left[W L_1^2 - W_1 (2 L L_1 - 3M^2)\right] W_1^5\right\}. \tag{9}$$

Ferner folgt

$$2a = \frac{W}{L} + \frac{M^2 (W L_1 + W_1 L)}{L L_1 (L L_1 - M^2)} - \frac{M^2 C}{L_1^4} W_1^3 - \frac{M^2 C^2}{L_1^7}\left[W L_1^2 - W_1 (L L_1 - 3M^2)\right] W_1^4$$
$$- \frac{M^2 C^3}{L_1^{10}}\left[W L_1^2 - W_1 (L L_1 - 3M^2)\right]^2 W_1^5 - \frac{M^4 C^3}{L_1^{10}}\left[W L_1^2 - W_1 (2 L L_1 - 3M^2)\right] W_1^6. \tag{10}$$

Es gelten wieder die Formeln (4), (5) und (6) und man berechnet aus denselben als Reihenentwickelungen für T und γ,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L L_1 - M^2}{L_1} C}\left\{1 + \frac{1}{8}\frac{C}{L_1^3}\frac{(W L_1^2 + W_1 M^2)^2 + 4 W_1^2 M^2 (L L_1 - M^2)}{L L_1 - M^2}\right\}, \tag{11}$$

$$\frac{\gamma}{M\pi} = \frac{W L_1^2 + W_1 M^2}{2 L_1}\sqrt{\frac{C}{L_1 (L L_1 - M^2)}}\left\{1 + \right.$$
$$\left. + \frac{1}{8}\frac{C}{L_1^3}\frac{(W L_1^2 + W_1 M^2)^3 + 4 M^2 (L L_1 - M^2) W_1^2\left[L_1 (W L_1 - 2 W_1 L) + 3 W_1 M^2\right]}{(L L_1 - M^2)(W L_1^2 + W_1 M^2)}\right\}. \tag{12}$$

Für die Anordnung ohne Nebenkreis folgen die entsprechenden Werthe, indem man $M = 0$ setzt, und zwar ergiebt sich dann

$$T' = 2\pi \sqrt{LC}\left(1+\frac{1}{8}\frac{C}{L}W^2\right),$$

(13)

$$\frac{\gamma'}{M\pi} = \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{C}{L}}\left(1+\frac{1}{8}\frac{C}{L}W^2\right).$$

Es ist im allgemeinen T kleiner als T' und γ grösser als γ', und man erhält den Satz: Wenn die Widerstände W und W_1 nicht zu gross sind, so wird bei dem Uebergange von der ursprünglichen Curve zu der s. g. deformirten Curve die Oscillationszeit abnehmen und das Decrement zunehmen. Ferner: von dem kleinsten Werthe von T ausgehend, d. h. von dem Werthe für $W_1 = 0$

(14) $$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{LL_1 - M^2}{L_1^2}C}\left(1+\frac{1}{8}\frac{CL_1}{LL_1 - M^2}W^2\right),$$

wird mit wachsendem Widerstande W_1 die Oscillationszeit T zunehmen. Gleichzeitig nimmt auch das Decrement γ zu, und der Anfangswerth ist

(15) $$\frac{\gamma_{\min}}{M\pi} = \frac{1}{2}W\sqrt{\frac{CL_1}{LL_1 - M^2}}\left(1+\frac{1}{8}\frac{CL_1}{LL_1 - M^2}W^2\right).$$

Als Beispiele hierzu betrachte man das Verhalten von T und γ in den Reihen A a und A b unten im Art. 3.

Nach der Formel (86) p. 459 hat man als Ordinate der Exponentialachse

(16) $$E + \frac{1}{(\lambda-a)^2+\beta^2}\frac{L_1}{LL_1 - M^2}\frac{i_0}{C^2}\left(\lambda - \frac{W_1}{L_1}\right)\frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2}.$$

Wie aus dem Ausdrucke (9) hervorgeht, ist

(17) $$\lambda > \frac{W_1}{L_1},$$

und somit sind die Ordinaten (16) grösser als E und nehmen mit wachsender Zeit ab. Dies bestätigen auch diejenigen Ladungscurven, welche eine deutliche Exponentialachse zeigen, nämlich die Curven A a N:o 5, A b N:o 5, C b N:o 1 und C b N:o 2, worüber mehr unten im Art. 4.

Auch die Formel (2) giebt, wenn W_1 genügend gross bleibt, $\lambda > \frac{W_1}{L_1}$, indem man ja daraus

$$\lambda - \frac{W_1}{L_1} = M^2\left(\frac{W_1 L + W L_1}{LL_1(LL_1 - M^2)} - \frac{1}{L^3}\left(\frac{L}{C} - W^2\right)\frac{1}{W_1}\right)$$

erhält.

Für einen grossen Werth des Widerstandes W erhält man aperiodische Ladung und berechnet dann bis auf die Glieder mit $\frac{1}{W}$ für die drei reellen Wurzeln der Gl. (1) die Ausdrücke

$$(18)\qquad \begin{cases} \lambda_1 = \dfrac{L_1}{LL_1 - M^2} W \left\{ 1 + \dfrac{M^2}{L_1^2}\dfrac{W_1}{W} - \dfrac{LL_1 - M^2}{L_1^4}\left(\dfrac{L_1^3}{C} - M^2 W_1^2\right)\dfrac{1}{W^2} \right\}, \\ \lambda_2 = \dfrac{W_1}{L_1} \left\{ 1 + \dfrac{1}{L_1^2}\left(\dfrac{L_1^3}{C} - M^2 W_1^2\right)\dfrac{1}{W_1 W} \right\}, \\ \lambda_3 = \dfrac{1}{C W}. \end{cases}$$

Der mittlere Ausdruck zeigt, dass λ_2 grösser als $\frac{W_1}{L_1}$ ist, wenigstens wenn W_1 nicht sehr gross ist, und dass λ_3 überhaupt klein ist. Mit Hinsicht auf Gl. (28) p. 448 schliesst man hieraus, dass die aperiodische Ladung von der Art (A) ist, wobei die Ladung des Condensators mit der Zeit beständig zunimmt. Dies bestätigen auch die beiden letzten Curven der Reihe B.

3. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.** Die periodischen Curven dieses Abschnittes sind sehr nahe regelmässig gedämpfte Sinuslinien, mit Ausnahme der Curven A a N:o 5, A b N:o 5, C b N:o 1 und C b N:o 2, welche eine deutliche Exponentialachse aufweisen. Für alle Curven ist es gestattet die Oscillationszeit und das Decrement mittels der auf p. 522 angeführten Methode auf Grund der Beobachtungen zu bestimmen. Für die theoretische Berechnung dieser Grössen hat man, nachdem die reelle Wurzel λ der Gleichung (1) erhalten worden ist, folgende Formeln

$$(19)\qquad 2a = \frac{W_1 L + W L_1}{LL_1 - M^2} - \lambda,$$

$$(20)\qquad a^2 + \beta^2 = \frac{W_1}{C(LL_1 - M^2)}\frac{1}{\lambda},$$

$$(21)\qquad T = \frac{2\pi}{\beta},$$

$$(22)\qquad \gamma = \frac{Ma\pi}{\beta}.$$

Wie in allen früheren Fällen kann man aber bei dieser Berechnung nicht die Widerstände W und W_1 direct benutzen, sondern muss sie mit gewissen Zusatzwiderständen w und w_1 vergrössern. Es lässt sich w wie in früheren Fällen aus der Leitungsfähigkeit der isolirenden Schichten der Induktionsspule erklären, für w_1 ist es schwieriger einen theoretischen Grund anzugeben. Man kann aber auch $w_1 = 0$ setzen, nur muss man dann w als mit dem Widerstande W_1 etwas veränderlich ansehen. Es sollen hier beide Berechnungsarten dnrchgeführt werden. Wir setzen zuerst w und w_1 constant voraus, so lange die Grössen C, L, L_1 und M

dieselben bleiben, und bestimmen in Uebereinstimmung hiermit für das System der Curven A a, A b und B zuerst den Zusatzwiderstand w aus der Curve A a N:o 1 und dann den Zusatzwiderstand w_1 aus der Curve A a N:o 6, so dass die theoretischen und experimentellen Werthe des Decrementes mit einander übereinstimmen. Es folgt $w = 9.06$ Ohm und $w_1 = 5.79$ Ohm. Ähnlich erhält man für die Gruppe der Curven C a, C b und D aus der Curve D N:o 1 $w = 13.81$ Ohm und nachher aus der Curve C a N:o 1 $w_1 = 9.09$ Ohm. Die folgenden Tabellen enthalten die Zusammenstellungen der T und γ-Werthe.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $w = 9.06$ Ohm. $w_1 = 5.79$ Ohm.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_1+w_1 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	2.08	11.14	∞	∞	3.941 ± 1.6	3.923	+0.5
„ N:o 2	2.08	11.14	7003.6	7009.4	3.961 ± 4.2	3.924	+0.9
„ N:o 3	2.08	11.14	876.2	882.0	3.984 ± 11	3.906	+2.0
„ N:o 4	2.08	11.14	289.96	295.75	3.755 ± 11	3.684	+1.9
„ N:o 5	2.08	11.14	50.84	56.63	2.800 ± 6.7	2.793	+0.2
„ N:o 6	2.07	11.13	1.37	7.16	2.713 ± 2.8	2.741	−1.0
A b N:o 1	32.50	41.56	∞	∞	4.008 ± 5.4	3.931	+1.9
„ N:o 2	32.50	41.56	7003.2	7009.0	4.019 ± 11	3.938	+2.0
„ N:o 3	32.51	41.57	876.2	882.0	3.995 ± 12	3.960	+0.9
„ N:o 4	32.50	41.56	289.95	295.74	3.856 ± 4.4	3.818	+1.0
„ N:o 5	32.50	41.56	50.85	56.64	2.790 ± 36	2.825	−1.3
„ N:o 6	32.50	41.56	1.37	7.16	2.720 ± 12	2.756	−1.3
B N:o 1	2.07	11.13	1.37	7.16	2.713 ± 2.8	2.741	−1.0
„ N:o 2	32.50	41.56	1.37	7.16	2.720 ± 12	2.756	−1.3
„ N:o 3	65.49	74.55	1.37	7.16	2.762 ± 8.3	2.787	−0.9

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $w = 13.81$ Ohm. $w_1 = 9.09$ Ohm.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_1+w_1 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	1.95	15.76	1.51	10.60	2.402 ± 5.7	2.454	−2.2
„ N:o 2	32.37	46.18	1.51	10.60	2.455 ± 23	2.472	−0.7
„ N:o 3	65.36	79.17	1.50	10.59	2.538 ± 35	2.510	+1.1
C b N:o 1	1.94	15.75	50.97	60.06	2.460 ± 6.2	2.483	−0.9
„ N:o 2	32.35	46.16	50.97	60.06	2.492 ± 11	2.513	−0.8
D N:o 1	1.95	15.76	∞	∞	3.508 ± 3.1	3.510	−0.1
„ N:o 2	32.35	46.16	∞	∞	3.528 ± 2.2	3.520	+0.2

N:o 1.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $w = 9.06$ Ohm. $w_1 = 5.79$ Ohm.

Bezeich.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_1+w_1 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	2.08	11.14	∞	∞	0.02464 ± 2.4	0.02463	0.0
„ N:o 2	2.08	11.14	7003.6	7009.4	0.03713 ± 3.8	0.03695	+0.5
„ N:o 3	2.08	11.14	876.2	882.0	0.12389 ± 25	0.12235	+1.2
„ N:o 4	2.08	11.14	286.96	295.75	0.30320 ± 63	0.29477	+2.8
„ N:o 5	2.08	11.14	50.84	56.63	0.15105 ± 15	0.14624	+3.2
„ N:o 6	2.07	11.13	1.37	7.16	0.04977 ± 12	0.04978	0.0
A b N:o 1	32.50	41.56	∞	∞	0.09539 ± 6.7	0.09209	+3.5
„ N:o 2	32.50	41.56	7003.2	7009.0	0.10718 ± 14	0.10442	+2.6
„ N:o 3	32.51	41.57	876.2	882.0	0.19631 ± 55	0.19224	+2.1
„ N:o 4	32.50	41.56	289.95	295.74	0.38167 ± 570	0.38012	+0.4
„ N:o 5	32.50	41.56	50.85	56.64	0.25597 ± 80	0.25081	+2.0
„ N:o 6	32.50	41.56	1.37	7.16	0.15349 ± 58	0.14695	+4.2
B N:o 1	2.07	11.13	1.37	7.16	0.04977 ± 12	0.04978	0.0
„ N:o 2	32.50	41.56	1.37	7.16	0.15349 ± 58	0.14695	+4.2
„ N:o 3	65.49	74.55	1.37	7.16	0.27157 ± 29	0.25489	+6.1

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $w = 13.81$ Ohm. $w_1 = 9.09$ Ohm.

Bezeichn.	W in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_1+w_1 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	1.95	15.76	1.51	10.60	0.07125 ± 18	0.07126	0.0
„ N:o 2	32.37	46.18	1.51	10.60	0.19485	0.18040	+7.4
„ N:o 3	65.36	79.17	1.50	10.59	0.31366	0.30279	+3.5
C b N:o 1	1.94	15.75	50.97	60.06	0.14593 ± 24	0.14344	+1.7
„ N:o 2	32.35	46.16	50.97	60.06	0.26177	0.25550	+2.4
D N:o 1	1.95	15.76	∞	∞	0.03898 ± 5.9	0.03898	0.0
„ N:o 2	32.35	46.16	∞	∞	0.11804 ± 16	0.11449	+3.0

Es möge noch eine Tabelle für die Werthe des Decrementes γ gegeben werden, worin die s. g. berechneten Werthe in der Weise erhalten wurden, dass man keinen Zusatzwiderstand w_1 zu W_1 fügte und den Zusatzwiderstand w in der Weise wählte, dass für jede Reihe mit unveränderlichem Widerstande W_1 (z. B. für die Curven A a N:o 1 und A b N:o 1, A a N:o 2 und A b N:o 2 u. s. w.) das berechnete Decrement für die erste Curve der Reihe mit dem beobachteten Decremente überein-

stimmt. In Bezug auf die Oscillationszeit T werden die Unterschiede bei der einen und der anderen Berechnungsart so klein, dass wir die entsprechende Tabelle für T weglassen.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	w in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A a N:o 1	2.08	9.06	11.14	∞	0.02464 ± 2.4	0.02463	0.0
A b N:o 1	32.50	9.06	41.56	∞	0.09539 ± 6.7	0.09209	+3.5
A a N:o 2	2.08	9.14	11.22	7003.6	0.03713 ± 3.8	0.03714	0.0
A b N:o 2	32.50	9.14	41.64	7003.4	0.10718 ± 14	0.10433	+2.7
A a N:o 3	2.08	9.41	11.49	876.2	0.12389 ± 25	0.12389	0.0
A b N:o 3	32.51	9.41	41.92	876.2	0.19631 ± 55	0.19304	+1.7
A a N:o 4	2.08	10.64	12.72	289.96	0.30320 ± 63	0.30319	0.0
A b N:o 4	32.50	10.64	43.14	289.95	0.38167 ± 570	0.39178	−2.6
A a N:o 5	2.08	11.80	13.88	50.84	0.15105 ± 15	0.15106	0.0
A b N:o 5	32.50	11.80	44.30	50.85	0.25597 ± 80	0.24778	+3.2
B N:o 1	2.07	12.76	14.83	1.37	0.04977 ± 12	0.04976	0.0
„ N:o 2	32.50	12.76	45.26	1.37	0.15349 ± 58	0.14690	+4.3
„ N:o 3	65.49	12.76	78.25	1.37	0.27157 ± 29	0.25533	+6.0

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichn.	W in Ohm	w in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
C a N:o 1	1.95	17.54	19.49	1.51	0.07125 ± 18	0.07126	0.0
„ N:o 2	32.37	17.54	49.91	1.51	0.19485	0.18038	+7.4
„ N:o 3	65.36	17.54	82.90	1.50	0.31366	0.30255	+3.5
C b N:o 1	1.94	18.17	20.11	50.97	0.14593 ± 24	0.14594	0.0
„ N:o 2	32.35	18.17	50.52	50.97	0.26177	0.25783	+1.5
D N:o 1	1.95	13.81	15.76	∞	0.03898 ± 5.9	0.03898	0.0
„ N:o 2	32.35	13.81	46.16	∞	0.11804 ± 16	0.11449	+3.0

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Oscillationszeit T ist eine befriedigende, indem das Mittel der Differenzen der letzten Columne nur 0.05 Proc. ausmacht. Die Decremente stimmen dagegen weniger gut als gewöhnlich, indem die Differenzen meistens positiv sind und bei einzelnen Curven sehr hohe Werthe erreichen. Man beachtet jedenfalls, dass auch

bei den Curven mit $W_1 = \infty$, welche einem einfachen unverzweigten Stromkreise angehören und nur als Grenzfälle hier mit angeführt wurden, die Differenzen gross sind, was auch irgend welche constante Fehlerquellen deuten würde.

Von besonderem Interesse ist das Vorhandensein eines Maximums von T und von γ in den Reihen A a und A b, was in Uebereinstimmung mit dem im Art. 2 gefundenen steht.

4. **Die Achsen der periodischen Ladungscurven.** Nach der Formel (86) p. 459 ist die Ordinate der Exponentialachse der Schwingungscurve durch den Ausdruck

$$E + \frac{i_0}{(\lambda - a)^2 + \beta^2} \frac{L_1}{C^2 (L L_1 - M^2)} \left(\lambda - \frac{W_1}{L_1}\right) \frac{e^{-\lambda t}}{\lambda^2} \tag{24}$$

gegeben. Hier macht sich das zweite Glied nur bei den auf p. 668 erwähnten Curven A a N:o 5, A b N:o 5, C b N:o 1 und C b N:o 2 bemerkbar, für alle anderen Curven ist die Exponentialachse in eine gerade Linie mit der Ordinate E übergegangen, und zwar bei den Curven A a N:o 6, A b N:o 6, C a N:o 1 und C a N:o 2, weil der Faktor $\lambda - \frac{W_1}{L_1}$ sehr klein ist, bei den übrigen Curven, weil λ so gross ist, dass $e^{-\lambda t}$ eine sehr kleine Grösse wird. Aus den beobachteten Maxima und Minima folgen für die erstgenannten vier Curven die Achsenordinaten:

Curve A a N:o 5.		Curve A b N:o 5.		Curve C b N:o 1.		Curve C b N:o 2.	
N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.
2	103.90	2	103.46	2	103.13	2	102.82
3	102.76	3	102.34	3	102.32	3	102.29
4	102.07	4	101.61	4	101.87	4	101.89
5	101.60	5	101.24	5	101.63	5	101.55
6	101.35	6	101.06	6	101.38		
7	101.19	7	100.92	7	101.09		
$E = 100.90$		$E = 100.79$		$E = 100.86$		$E = 100.82$	

Man berechnet hieraus die Decremente

Curve A a N:o 5.		Curve A b N:o 5.		Curve C b N:o 1.		Curve C b N:o 2.	
N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.
2 ··· 3	0.2076	2 ··· 3	0.2362	2 ··· 3	0.1916	2 ··· 3	0.1337
3 ··· 4	0.2007	3 ··· 4	0.2765	3 ··· 4	0.1601	3 ··· 4	0.1379
4 ··· 5	0.2231	4 ··· 5	0.2606	4 ··· 5	0.1178	4 ··· 5	0.1661
5 ··· 6	0.1919	5 ··· 6	0.2218	5 ··· 6	0.1705		
6 ··· 7	0.1908						
$\varphi = 0.2059 \pm 29$		$\varphi = 0.2554 \pm 62$		$\varphi = 0.1530 \pm 66$		$\varphi = 0.1439 \pm 27$	

Das Decrement bleibt somit ziemlich constant der Curve entlang. Für das theoretische Decrement hat man wie immer die Formel

(24) $$\varphi = M\lambda\frac{T}{2}$$

und erhält, indem man diejenigen Werthe von λ und T benutzt, welche einer Vergrösserung des Widerstandes W mit w und der Annahme $w_1 = 0$ (zweite Decrementstabelle oben) entsprechen, in Ordnung für die obigen Curven

$$\varphi = 0.2044,\quad 0.2064,\quad 0.1440,\quad 0.1458.$$

Diese Werthe stimmen mit wünschbarer Genauigkeit mit den experimentellen Werthen überein und zeugen, dass die Theorie die Achsen der oscillirenden Curven völlig befriedigend erklärt.

5. **Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung.** In der Reihe B kommen sowohl periodische wie aperiodische Ladungscurven vor und scheint die Grenze etwa bei $W = 460$ Ohm gelegen zu sein. Es soll diese Grenze berechnet werden. Zu dem Zwecke ordnen wir die Glieder der Gl. $D = 0$ (p. 446) in der Form

(25) $$H_0 W^4 + H_1 W^3 + H_2 W^2 + H_3 W + H_4 = 0$$

und erhalten

(26 a)
$$\begin{cases} H_0 = W_1^2 L_1^2; \quad H_1 = -2W_1\left\{\frac{L_1^3}{C} + W_1^2(LL_1 - 2M^2)\right\}, \\ H_2 = \frac{L_1^4}{C^2} - 2W_1^2\frac{L_1}{C}(LL_1 + 3M^2) + W_1^4 L^2, \end{cases}$$

$$(26\,b)\qquad \begin{cases} H_3 = 2\,W_1\frac{L_1^2}{C^2}(4LL_1-3M^2)+2\,W_1^3\frac{L}{C}(4LL_1-9M^2), \\ H_4 = -4\frac{L_1^3}{C^3}(LL_1-M^2)-\frac{W_1^2}{C^2}\left[8L^2L_1^2-9M^2(4LL_1-3M^2)\right]-4\,W_1^4\frac{L^3}{C}. \end{cases}$$

Indem man jetzt die Werthe für C, L, L_1, M sowie $W_1 = 1.37$ Ohm einsetzt, findet man die Gleichung

$$(27)\qquad (70.64904)\,W^4-(75.69517)\,W^3+(80.13917)\,W^2+(81.06538)\,W-(85.40818)=0,$$

worin die Logaritmen der Coefficienten angegeben sind und W in Ohm zu rechnen ist. Diese Gleichung hat die positive reelle Wurzel

$$W = 430.1 \text{ Ohm},$$

welche somit eine befriedigende Uebereinstimmung mit dem experimentell gefundenen Werthe zeigt.

Mit den Werthen $W = 430.1$ Ohm und $W_1 = 1.37$ Ohm ist die Gl. (16) p. 446

$$(16.16068)\,r^3-(19.82310)\,r^2+(22.88517)\,r-(23.83074)=0$$

und hat die einfache Wurzel

$$\lambda_3 = 8.8904\ \frac{1}{\text{Sec.}},$$

sowie die doppelte Wurzel

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 2293.7\ \frac{1}{\text{Sec.}}.$$

XXIII. Unverzweigter Stromkreis mit Capacität enthaltendem Nebenkreis.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die Versuchsanordnung unterschied sich von der bei den Experimenten des Abschn. XXII gebrauchten Anordnung nur dadurch, dass ein Condensator in den Nebenstromkreis eingefügt war. Es wurde nur die Ladung des Condensators im Hauptkreise beobachtet und als Function der Zeit durch eine Ladungscurve dargestellt. Die Bezeichnungen sind die in der Figur 61 p. 462 verwendeten. Wie gewöhnlich soll hier zuerst eine Uebersicht des Beobachtungsmateriales gegeben werden.

Abth. A. $C = 1.0110$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $W_1 = 1.73$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

Reihe Aa. $W = 2.06$ Ohm. C_1: 1.0119, 0.5071 und 0.2033 Mikrof.

Reihe Ab. $W = 32.46$ Ohm. C: 1.0119, 0.5071 und 0.2033 Mikrof.

Abth. B. $C = 1.0110$ Mikrof. $C_1 = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $W_1 = 1.73$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 2.07, 32.52, 65.51, 182.81, 301.34, 488.39, 810.3, 3086.6 und 10089.4 Ohm.

Abth. C. $C = 1.0110$ Mikrof. $C_1 = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $W_1 = 51.18$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 2.08 und 32.50 Ohm.

Abth. D. $C = 0.5071$ Mikrof. $C_1 = 1.0110$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry.
$M = 0.1233$ Henry. $W_1 = 1.73$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

W: 2.09 und 32.51 Ohm.

Die erste und zweite Curve der Abth. B sind identisch bez. mit den Curven Aa N:o 2 und Ab N:o 2. (B N:o 0 und B N:o 1 bez.) Die Gesammtanzahl der aufgenommenen Ladungscurven beträgt 17.

N:o 1.

2. **Auf die Gl. (10) p. 464 sich beziehende Berechnungen.** Zunächst soll gezeigt werden, dass die jetzt zu betrachtende Gleichung vierten Grades

$$(1) \qquad (LL_1 - M^2)\, r^4 - (L_1 W + L W_1)\, r^3 + \left(W W_1 + \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right) r^2 - \left(\frac{W}{C_1} + \frac{W_1}{C}\right) r + \frac{1}{C C_1} + 0$$

immer dann zwei Paare conjugirter imaginärer Wurzeln hat, wenn die Widerstände W und W_1 genügend klein sind. Wir brauchen dazu nur den Grenzfall $W = 0$ und $W_1 = 0$ zu untersuchen. Die Gl. (1) giebt dann

$$(2) \qquad (LL_1 - M^2)\, r^4 + \left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right) r^2 + \frac{1}{C C_1} \quad 0,$$

und durch Auflösung in Bezug auf r^2 folgt

$$(3) \qquad \begin{aligned} r^2 \quad &= -\frac{\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} \pm \sqrt{\left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right)^2 - 4\,(LL_1 - M^2)\frac{1}{CC_1}}}{2\,(LL_1 - M^2)} \\ &= -\frac{\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} \pm \sqrt{\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 4\,\frac{M^2}{CC_1}}}{2\,(LL_1 - M^2)}. \end{aligned}$$

Die beiden Werthe von r^2 sind somit reel und negativ, folglich die Wurzeln der Gl. (2) alle rein imaginär und paarweise conjugirt. In Uebereinstimmung mit den Bezeichnungen auf p. 446 hat man

$$(4) \qquad \beta^2 = \beta_0^2 = \frac{\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} - \sqrt{\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 4\,\frac{M^2}{CC_1}}}{2\,(LL_1 - M^2)},$$

und

$$(5) \qquad \delta^2 \quad \delta_0^2 = \frac{\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} + \sqrt{\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 4\,\frac{M^2}{CC_1}}}{2\,(LL_1 - M^2)}$$

wobei

$$(6) \qquad \beta_0^2 < \delta_0^2$$

genommen worden ist.

In diesem Grenzfalle setzt sich die Ladungscurve aus zwei interferirenden ungedämpften Sinuswellen zusammen, deren Oscillationszeiten $\frac{2\pi}{\beta_0}$ und $\frac{2\pi}{\delta_0}$ sind. [Würde man ausserdem $M = 0$ setzen, so erhielte man zwei von einander unabhängige unverzweigte Stromkreise, in welchen Schwingungen mit den Perioden $\frac{2\pi}{\beta_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ und $\frac{2\pi}{\delta_0} = 2\pi\sqrt{L_1 C_1}$ stattfänden.] Wenn die Widerstände W und W_1 jetzt kleine Werthe erlangen, so bekommt man zu der Gleichung (1) die Wurzeln $\alpha \pm i\beta$ und $\gamma \pm i\delta$,

wobei β und δ von den obigen Werthen sehr wenig verschieden sind sowie α und γ kleine Werthe haben. Die entsprechende Ladungscurve entsteht durch Interferenz von zwei schwach gedämpften Sinuslinien, und ist somit eine periodische Curve, in dem p. 466 festgestellten Sinne.

Es soll jetzt in Betracht gezogen werden, wie die Wurzeln $\alpha \pm i\beta$, $\gamma \pm i\delta$ der Gl. (1) vierten Grades für den gegenwärtigen Zweck am besten berechnet werden, und zwar wollen wir zuerst nur die reellen Theile α und γ dieser Wurzeln berechnen. Die Berechnung werde ausserdem zunächst allgemein für eine Gleichung

$$A_0 r^4 - A_1 r^3 + A_2 r^2 - A_3 r + A_4 = 0 \tag{7}$$

durchgeführt, wobei die Coefficienten A alle positiv sind. Den Formeln (31) p. 467 entsprechend hat man jetzt das System

$$\begin{cases} 2(\alpha+\gamma) = \dfrac{A_1}{A_0}, \\ \alpha^2+\gamma^2+4\alpha\gamma+\beta^2+\delta^2 = \dfrac{A_2}{A_0}, \\ 2\{\alpha\gamma(\alpha+\gamma)+\gamma\beta^2+\alpha\delta^2\} = \dfrac{A_3}{A_0}, \\ (\alpha^2+\beta^2)(\gamma^2+\delta^2) = \dfrac{A_4}{A_0}. \end{cases} \tag{8}$$

Eliminirt man aus den drei letzten Gleichungen β^2 und δ^2 und macht nachher von der ersten Gl. Gebrauch, so erhält man eine Gleichung dritten Grades in Bezug auf $\alpha\gamma$ und zwar

$$64A_0^3(\alpha\gamma)^3 - 32A_0^2A_2(\alpha\gamma)^2 + 4A_0(A_2^2+A_1A_3-4A_0A_4)(\alpha\gamma) + A_0A_3^2 + A_1^2A_4 - A_1A_2A_3 = 0. \tag{9}$$

Am besten betrachtet man 2α und 2γ als die unbekannten, setzt

$$\begin{cases} 2\alpha+2\gamma = x, \\ 2\alpha \cdot 2\gamma = y, \end{cases} \tag{10}$$

und hat dann

$$\begin{cases} A_0x = A_1, \\ A_0^3y^3 - 2A_0^2A_2y^2 + A_0(A_2^2+A_1A_3-4A_0A_4)y + A_0A_3^2 + A_1^2A_4 - A_1A_2A_3 = 0. \end{cases} \tag{11}$$

Nachdem x und y erhalten worden sind, folgt

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{1}{4}\{x - \sqrt{x^2-4y}\}, \\ \gamma = \dfrac{1}{4}\{x + \sqrt{x^2-4y}\}, \end{cases} \tag{12}$$

indem noch festgesetzt wird, dass

(13) $$\alpha > \gamma$$

sein soll.

Hat man α und γ berechnet, so folgen β^2 und δ^2 aus den beiden mittleren Gleichungen (8), und zwar findet man

(14) $$\begin{cases} \beta^2 = \dfrac{1}{\gamma-\alpha}\left\{\dfrac{1}{2}\dfrac{A_3}{A_0} - \dfrac{A_2}{A_0}\alpha + \alpha^2(\alpha+3\gamma)\right\}, \\ \delta^2 \quad \dfrac{1}{\gamma-\alpha}\left\{-\dfrac{1}{2}\dfrac{A_3}{A_0} + \dfrac{A_2}{A_0}\gamma - \gamma^2(\gamma+3\alpha)\right\}. \end{cases}$$

Schliesslich hat man noch die letzte Gl. (8) als Controle.

Es soll noch untersucht werden, wann

(15) $$\beta^2 > \delta^2$$

ist, und wann

(16) $$\beta^2 < \delta^2$$

ist, während die Ungleichung (13) immer in Kraft bleiben soll. Nur die Ungl. (16) stimmt im Grenzfalle $W=0$, $W_1=0$ mit der Ungl. (6) überein. In dem entgegengesetzten Falle müssten β^2 und δ^2 in den Gl. (4) und (5) mit einander vertauscht werden. Indem man die Werthe (12) in die Ausdrücke (14) substituirt, die Differenz $\beta^2 - \delta^2$ bildet und nachher $x = \dfrac{A_1}{A_0}$ setzt, erhält man

(17) $$2A_0^3\sqrt{x^2-4y}\,(\beta^2-\delta^2) = A_1^3 - 4A_0A_1A_2 + 8A_0^2A_3.$$

Das Zeichen des rechten Gliedes ist somit entscheidend, so dass die Ungl. (15) gilt, wenn

(15 a) $$A_1^3 - 4A_0A_1A_2 + 8A_0^2A_3 > 0$$

ist, und die Ungl. (16) gilt, wenn

(16 a) $$A_1^3 - 4A_0A_1A_2 + 8A_0^2A_3 < 0$$

ist. Man beachte sonst, dass das Quadrat des rechten Gliedes der Gl. (17), von einem numerischen Coefficienten abgesehen, als letzter Term in der Gl. (14) p. 465 vorkommt.

Substituirt man noch in dem Ausdrucke (17) die Werthe der Coefficienten der Gl. (1), so folgt

(18) $$\begin{aligned} A_1^3 - 4A_0A_1A_2 + 8A_0^2A_3 = 4(LL_1 - M^2)\left\{\left[\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)L_1 - 2\frac{M^2}{C_1}\right]W + \left[\left(\frac{L_1}{C} - \frac{L}{C_1}\right)L - 2\frac{M^2}{C}\right]W_1\right\} + \\ + L_1^3W^3 - L_1(LL_1 - 4M^2)W^2W_1 - L(LL_1 - 4M^2)WW_1^2 + L^3W_1^3, \end{aligned}$$

und für kleine Werthe von W und W_1 sind die Glieder ersten Grades entscheidend für das Zeichen.

In dem Systeme (11) sollen jetzt die der Gl. (1) entsprechenden Ausdrücke der Coefficienten A eingesetzt werden. Man erhält dann

$$(19)\quad \begin{cases} (LL_1 - M^2)\,x = L_1 W + L W_1, \\ \{(LL_1 - M^2)\,y\}^3 - 2\left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} + WW_1\right)\{(LL_1 - M^2)\,y\}^2 + \\ + \left\{\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 4\frac{M^2}{CC_1} + \frac{L_1}{C_1} W^2 + \frac{L}{C} W_1^2 + 3\left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right) WW_1 + W^2 W_1^2\right\}\{(LL_1 - M^2)\,y\} \\ - \left\{M^2\left[\frac{W^2}{C_1^2} + \frac{W_1^2}{C^2}\right] + \left[\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 2\frac{M^2}{CC_1}\right] WW_1 + \left[\frac{L_1}{C_1} W^2 + \frac{L}{C} W_1^2 + \left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right) WW_1\right] WW_1\right\} = 0. \end{cases}$$

Die Gleichung dritten Grades für y hat wenigstens eine positive reelle Wurzel, welche übrigens gleichzeitig mit W und W_1 verschwindet. Es soll eben diese Wurzel in den Ausdrücken (12) genommen werden. Berechnen wir die beiden anderen Wurzeln in dem Grenzfalle $W = 0$ und $W_1 = 0$, so finden wir für sie die Gleichung zweiten Grades

$$(20)\qquad \{(LL_1 - M^2)\,y\}^2 - 2\left(\frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C}\right)\{(LL_1 - M^2)\,y\} + \left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + \frac{4M^2}{CC_1} = 0$$

mit der Auflösung

$$(21)\qquad (LL_1 - M^2)\,y = \frac{L}{C_1} + \frac{L_1}{C} \pm 2\sqrt{\frac{LL_1 - M^2}{CC_1}}.$$

Auch diese beiden Wurzeln y sind somit reel und positiv, würden aber, weil jetzt $x = 0$ ist, α und γ in den Formeln (12) imaginär ergeben. Dasselbe würde noch der Fall sein, wenn W und W_1 statt gleich Null nur nicht zu gross sind. Es kommt folglich nur die kleinste Wurzel y der Gl. (19) in Betracht.

Es muss noch gezeigt werden, dass die betreffende Wurzel y kleiner als $\frac{1}{4}x^2$ ist, damit α und γ reel werden, und thun wir dies im Zusammenhang mit einer Entwickelung von y nach wachsenden Potenzen von W und W_1. Diese Entwickelung dient, wenn W und W_1 genügend klein sind, zu einer wirklichen Berechnung von y und somit auch der Wurzeln der Gl. (1). Man entwickelt aus (19)

$$(22)\qquad \begin{aligned} (LL_1 - M^2)\,y = {} & k_{20} W^2 + k_{11} WW_1 + k_{02} W_1^2 + \\ & + k_{40} W^4 + k_{31} W^3 W_1 + k_{22} W^2 W_1^2 + k_{13} WW_1^3 + k_{04} W_1^4 + \cdots, \end{aligned}$$

worin, indem noch

$$(23)\qquad \left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)^2 + 4\frac{M^2}{CC_1} = h^2$$

gesetzt wird, die Coefficienten k die folgenden sind:

$$(24)\qquad \begin{cases} h^2 . k_{20} = \dfrac{M^2}{C_1^2}, \\ h^2 . k_{11} = \left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)^2 + 2\dfrac{M^2}{CC_1}, \\ h^2 . k_{02} = \dfrac{M^2}{C^2}. \end{cases}$$

$$(25)\qquad \begin{cases} h^6 . k_{40} = \dfrac{M^2}{C_1^3}\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)\left\{\dfrac{L_1^2}{C} - \dfrac{LL_1 - 2M^2}{C_1}\right\}, \\ h^6 . k_{31} = \dfrac{M^2}{C_1^2}\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)\left\{\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)\left(\dfrac{L}{C_1} + 3\dfrac{L_1}{C}\right) - 4\dfrac{M^2}{CC_1}\right\}, \\ h^6 . k_{22} = 3\dfrac{M^2}{CC_1}\left(\dfrac{L}{C_1} + \dfrac{L_1}{C}\right)\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)^2, \\ h^6 . k_{13} = \dfrac{M^2}{C^2}\left(\dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)\left\{\left(\dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)\left(\dfrac{L_1}{C} + 3\dfrac{L}{C_1}\right) - 4\dfrac{M^2}{CC_1}\right\}, \\ h^6 . k_{04} = \dfrac{M^2}{C^3}\left(\dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)\left\{\dfrac{L^2}{C_1} - \dfrac{LL_1 - 2M^2}{C}\right\}. \end{cases}$$

Nimmt man jetzt in dem Ausdrucke (22) für y nur die Glieder zweiter Ordnung in Bezug auf die Widerstände, so erhält man nach einiger Rechnung

$$(26)\qquad h^2 (LL_1 - M^2)^2 (x^2 - 4y) = \left\{\left[\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right)L_1 - 2\frac{M^2}{C_1}\right]W + \left[\left(\frac{L_1}{C} - \frac{L}{C_1}\right)L - 2\frac{M^2}{C}\right]W_1\right\}^2,$$

womit bewiesen ist, dass die Wurzel in (12) für genügend kleine Werthe von W und W_1 reel ist.

Auf Grund der Formeln (12) und (22) stellt man folgende Entwickelungen von α und γ auf,

$$(27)\qquad \begin{cases} 4h(LL_1 - M^2)\alpha = \left\{\left(h + \dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)L_1 - 2\dfrac{M^2}{C_1}\right\}W + \left\{\left(h + \dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)L - 2\dfrac{M^2}{C}\right\}W_1 \\ \quad - \dfrac{2h^2(LL_1 - M^2)\left\{k_{40}W^4 + k_{31}W^3W_1 + k_{22}W^2W_1^2 + k_{13}WW_1^3 + k_{04}W_1^4\right\}}{\left\{\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)L_1 - 2\dfrac{M^2}{C_1}\right\}W + \left\{\left(\dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)L - 2\dfrac{M^2}{C}\right\}W_1} - \cdots, \\ 4h(LL_1 - M^2)\gamma = \left\{\left(h - \dfrac{L}{C_1} + \dfrac{L_1}{C}\right)L_1 + 2\dfrac{M^2}{C_1}\right\}W + \left\{\left(h - \dfrac{L_1}{C} + \dfrac{L}{C_1}\right)L + 2\dfrac{M^2}{C}\right\}W_1 + \\ \quad + \dfrac{2h^2(LL_1 - M^2)\left\{k_{40}W^4 + k_{31}W^3W_1 + k_{22}W^2W_1^2 + k_{13}WW_1^3 + k_{04}W_1^4\right\}}{\left\{\left(\dfrac{L}{C_1} - \dfrac{L_1}{C}\right)L_1 - 2\dfrac{M^2}{C_1}\right\}W + \left\{\left(\dfrac{L_1}{C} - \dfrac{L}{C_1}\right)L - 2\dfrac{M^2}{C}\right\}W_1} + \cdots, \end{cases}$$

wobei die Hypothese

$$\beta^2 < \delta^2$$

zu Grunde gelegt ist. Im entgegengesetzten Falle sind α und γ mit einander zu vertauschen.

In den entwickelten Ausdrücken für β^2 und δ^2 fehlen die Glieder ersten Grades in Bezug auf W und W_1. Wir unterlassen die Ausführung derselben, welche auch zufolge der Formeln (14) weniger nothwendig ist.

3. **Charakter der periodischen Ladungscurven.** Für sämmtliche periodische Curven dieses Abschnittes ist die Ungleichheit (16), d. h.

(16) $$\beta^2 < \delta^2$$

erfüllt, weil die beiden Grössen

$$\left(\frac{L}{C_1} - \frac{L_1}{C}\right) L_1 - 2\frac{M^2}{C_1}$$

und

$$\left(\frac{L_1}{C} - \frac{L}{C_1}\right) L - 2\frac{M^2}{C},$$

welche sich in der Formel (8) finden, stets negativ sind, und nur kleine oder mässig grosse Werthe von W und W_1 vorkommen. Der Theorie nach entsteht die Ladungscurve aus einer regelmässig gedämpften Sinuslinie mit der Periode

(28) $$T = \frac{2\pi}{\beta}$$

und dem Decremente

(29) $$\gamma = \frac{M\alpha\pi}{\beta},$$

sowie einer ebensolchen Linie mit der Periode

(30) $$T' = \frac{2\pi}{\delta}$$

und dem Decremente

(31) $$\gamma' = \frac{M\gamma\pi}{\delta}.$$

Die letztere Schwingung erlischt aber meistens wesentlich früher als die erstere, so dass man thatsächlich die resultirende Curve als eine regelmässig gedämpfte Sinuslinie betrachten kann, welche im Anfang eine gewisse Störung erleidet. Lässt man ein kleines Stück der Curve im Anfang derselben weg, so ist es erlaubt die

Oscillationszeit und das Decrement nach den gewöhnlichen Methoden aus der experimentell erhaltenen Curve abzuleiten. Mehrfach braucht man sogar kein Stück wegzulassen.

Zur Bestätigung des obigen stellen wir unten für die Reihe B die Achsen der periodischen Curven, vom Anfang an gezählt, die einzelnen Wellenlängen der Curve B N:o 0 sowie die Decremente der einzelnen Halboscillationen der Curven B N:o 0, 1, 2, 3 und 4 zusammen. Es werden dabei die ursprünglichen Decremente, nicht die zweimal genommenen Mittel gegeben.

Curve B N:o 0 = Aa N:o 2.				Curve B N:o 1 – Ab N:o 2.		Curve B N:o 2.		Curve B N:o 3.		Curve B N:o 4.	
N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.	N:o	Achse.
2	100.25	16	100.42	2	100.14	2	100.12	2	100.38	2	100.52
3	100.69	17	100.48	3	100.60	3	100.43	3	100.51	3	100.43
4	100.38	18	100.61	4	100.47	4	100.40	4	100.57	—	—
5	100.48	19	100.64	5	100.52	5	100.36	5	100.56	—	—
6	100.50	20	100.55	6	100.49	6	100.31	—	—	—	—
7	100.55	21	100.50	7	100.64	7	100.44	—	—	—	—
8	100.55	22	100.55	8	100.76	8	100.52	—			—
9	100.49	23	100.60	9	100.59	9	100.53	—	—	—	—
10	100.45	24	100.57	10	100.45	—	—	—		—	
11	100.46	25	100.54	11	100.53	—	—	—	—	—	—
12	100.43	26	100.58	12	100.57	—	—		—	—	
13	100.53	27	100.64	13	100.51	—	—	—	—	—	—
14	100.65	28	100.64	—	—	—	—	—	—	—	—
15	100.53	29	100.58	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel: 100.53				Mittel: 100.52		Mittel: 100.39		Mittel: 100.51		Mittel: 100.48	
Volle Ladung: 100.44				Volle Ladung: 100.57		Volle Ladung: 100.53		Volle Ladung: 100.49		Volle Ladung: 100.53	

Die Achsen sind somit sehr nahe gerade Linien, nur im Anfang zeigt sich eine kleine Abweichung. Weiter stimmt die Lage der Achse sehr genau mit dem Werthe E der vollen Ladung überein.

Für die einzelnen Wellenlängen der Curve B N:o 0 hat man die folgende Zusammenstellung:

N:o	Schn. p.	Osc. Zeit T.	N:o	Schn. p.	Osc. Zeit T.
$\frac{1}{2}$	19.082		$16\frac{1}{2}$	44.260	
		3.182			3.160
$2\frac{1}{2}$	22.264		$18\frac{1}{2}$	47.420	
		3.136			3.057
$4\frac{1}{2}$	25.400		$20\frac{1}{2}$	50.477	
		3.165			3.078
$6\frac{1}{2}$	28.565		$22\frac{1}{2}$	53.555	
		3.138			3.135
$8\frac{1}{2}$	31.703		$24\frac{1}{2}$	56.690	
		3.151			3.100
$10\frac{1}{2}$	34.854		$26\frac{1}{2}$	59.790	
		3.136			3.080
$12\frac{1}{2}$	37.990		$28\frac{1}{2}$	62.870	
		3.153			3.090
$14\frac{1}{2}$	41.143		$30\frac{1}{2}$	65.960	
		3.117			
$16\frac{1}{2}$	44.260				
Def. $T = 3.125 \pm 1.1$ Millisec.					

Die Wellenlänge bleibt somit der Curve entlang constant.

Für die Decremente der einzelnen Halboscillationen der Curven der Reihe B sind folgende Werthe gefunden:

Curve B N:o 0.				Curve B N:o 1.		Curve B N:o 2.		Curve B N:o 3.		Curve B N:o 4.	
N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.	N:o	Decr.
2 ··· 3	0.01999	16 ··· 17	0.03020	2 ··· 3	0.05590	1 ··· 2	0.09198	1 ··· 2	0.23397	1 ··· 2	0.38404
3 ··· 4	0.02537	17 ··· 18	0.02856	3 ··· 4	0.06135	2 ··· 3	0.09567	2 ··· 3	0.23795	2 ··· 3	0.37520
4 ··· 5	0.02826	18 ··· 19	0.02659	4 ··· 5	0.06293	3 ··· 4	0.09971	3 ··· 4	0.23789	3 ··· 4	0.37156
5 ··· 6	0.02898	19 ··· 20	0.02916	5 ··· 6	0.06450	4 ··· 5	0.09917	4 ··· 5	0.23233	--	—
6 ··· 7	0.02911	20 ··· 21	0.03068	6 ··· 7	0.06681	5 ··· 6	0.09907	5 ··· 6	0.23437	—	
7 ··· 8	0.02950	21 ··· 22	0.02800	7 ··· 8	0.06691	6 ··· 7	0.10376	—	—	-	
8 ··· 9	0.02890	22 ··· 23	0.02826	8 ··· 9	0.06112	7 ··· 8	0.10404	—	—	—	—
9 ··· 10	0.02847	23 ··· 24	0.03054	9 ··· 10	0.06100	8 ··· 9	0.10170	—	—	—	—
10 ··· 11	0.02869	24 ··· 25	0.02984	10 ··· 11	0.06665	9 ··· 10	0.10349	—	—	—	—
11 ··· 12	0.02932	25 ··· 26	0.02846	11 ··· 12	0.06785	—	—	—	—	—	—
12 ··· 13	0.03114	26 ··· 27	0.02964	12 ··· 13	0.06446	—	—	—	—	—	—
13 ··· 14	0.03101	27 ··· 28	0.03189	13 ··· 14	0.06186	—	—	—	—	—	—
14 ··· 15	0.02738	28 ··· 29	0.02883	—	—	—					—
15 ··· 16	0.02759	29 ··· 30	0.02566	—	—	—	—	—	—	—	—
Def. $\gamma = 0.02902 \pm 3.5$				$\gamma = 0.06432 \pm 6.6$		$\gamma = 0.10058 \pm 8.5$		$\gamma = 0.23605 \pm 18$		$\gamma = 0.37650$	

N:o 1.

Die Tabelle zeigt, dass das Decrement der Curve entlang constant bleibt, ausgenommen gleich im Anfang, wo meistentheils etwas zu kleine Werthe vorkommen. Der horizontale Strich giebt an, welche dieser Werthe im Anfang bei der definitiven Berechnung ausgeschlossen worden sind.

4. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.** Wie auf p. 681 hervorgehoben, kann man nach Ausschluss eines kleinen Anfangsstückes die oscillirende Ladungscurve als eine regelmässig gedämpfte Sinuslinie mit der Periode

$$T = \frac{2\pi}{\beta} \tag{28}$$

und dem Decremente

$$\gamma = \frac{M\alpha\pi}{\beta} \tag{29}$$

betrachten.

Man berechnet zuerst α und γ, welche letztere Grösse von dem Decremente γ wohl zu unterscheiden ist, mittels der Formeln (27) oder (19) und (12), erhält dann β aus der ersten Formel (14) und schliesslich die Oscillationszeit und das Decrement mittels der Formeln (28) und (29).

Bei dieser Berechnung muss man wieder die Zusatzwiderstände w und w_1 zu W und W_1 beachten. Wir nehmen $w_1 = 0$ und haben somit nur einen Zusatzwiderstand w, welchen wir so bestimmen, dass das berechnete Decrement für die erste Curve jeder Reihe mit dem experimentell erhaltenen Decremente identisch wird. Hierbei ist für die Curven B N:o 0, 1, 2, 3, 4 und 5 sowie C N:o 1 und 2 die Curve B N:o 0 (= Aa N:o 2), für die Curven Aa N:o 1 und Ab N:o 1 die Curve Aa N:o 1, für die Curven Aa N:o 3 und Ab N:o 3 die Curve Aa N:o 3 sowie endlich für die Curven D N:o 1 und D N:o 2 die Curve D N:o 1 massgebend. Für ein Separation der beiden Zusatzwiderstände w und w_1 von einander sind nicht genügende Anhaltspunkte vorhanden; übrigens übt die Berechnungsart hierbei einen sehr unbedeutenden Einfluss aus. Die nachfolgenden Tabellen enthalten die experimentell gefundenen und die berechneten Werthe der Oscillationszeit T und des Decrementes γ.

$L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichn.	C in Mikrof.	C_1 in Mikrof.	W in Ohm.	w in Ohm.	$W+w$ in Ohm.	W_1 in Ohm.	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
B N:o 0	1.0110	0.5071	2.07	24.30	26.37	1.74	3.125 ± 1.1	3.092	+1.1
„ N:o 1	1.0110	0.5071	32.52	24.30	56.82	1.75	3.157 ± 3.0	3.095	+2.0
„ N:o 2	1.0110	0.5071	65.51	24.30	89.81	1.75	3.174 ± 4.6	3.089	+2.7
„ N:o 3	1.0110	0.5071	182.81	24.30	207.11	1.75	3.149 ± 13	3.078	+2.3
„ N:o 4	1.0110	0.5071	301.34	24.30	325.64	1.75	3.176 ± 11	3.070	+3.3
„ N:o 5	1.0110	0.5071	488.39	24.30	512.69	1.75	3.010 ± 73	2.889	+4.0
C N:o 1	1.0110	0.5071	2.08	24.30	26.38	51.18	3.139 ± 2.3	3.094	+1.4
„ N:o 2	1.0110	0.5071	32.50	24.30	56.80	51.24	3.152 ± 4.3	3.095	+1.8
A a N:o 1	1.0110	1.0119	2.09	35.67	37.76	1.75	3.473 ± 2.3	3.449	+0.7
A b N:o 1	1.0110	1.0119	32.50	35.67	68.17	1.74	3.497 ± 2.2	3.446	+1.5
A a N:o 3	1.0110	0.2033	2.07	19.94	22.01	1.74	2.913 ± 1.6	2.895	+0.6
A b N:o 3	1.0110	0.2033	32.52	19.94	52.46	1.75	2.950 ± 11	2.894	+1.9
D N:o 1	0.5071	1.0110	2.09	132.49	134.58	1.75	2.965 ± 2.5	2.938	+0.9
„ N:o 2	0.5071	1.0110	32.51	132.49	165.00	1.75	2.980 ± 4.4	2.934	+1.5

$L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichn.	C in Mikrof.	C_1 in Mikrof.	W in Ohm	w in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
B N:o 0	1.0110	0.5071	2.07	24.30	26.37	1.74	0.02902 ± 3.5	0.02902	0.0
„ N:o 1	1.0110	0.5071	32.52	24.30	56.82	1.75	0.06432 ± 6.6	0.06220	+3.3
„ N:o 2	1.0110	0.5071	65.51	24.30	89.81	1.75	0.10058 ± 8.5	0.09830	+2.2
„ N:o 3	1.0110	0.5071	182.81	24.30	207.11	1.75	0.23605 ± 18	0.23119	+2.1
„ N:o 4	1.0110	0.5071	301.34	24.30	325.64	1.75	0.37650	0.38152	−1.3
„ N:o 5	1.0110	0.5071	488.39	24.30	512.69	1.75	0.65665	0.65953	−0.4
C N:o 1	1.0110	0.5071	2.08	24.30	26.38	51.18	0.03668 ± 2.5	0.03677	−0.2
„ N:o 2	1.0110	0.5071	32.50	24.30	56.80	51.24	0.07181 ± 4.2	0.06988	+2.7
A a N:o 1	1.0110	1.0119	2.09	35.67	37.76	1.75	0.02829 ± 5.4	0.02829	0.0
A b N:o 1	1.0110	1.0119	32.50	35.67	68.17	1.74	0.05112 ± 14	0.05026	+1.7
A a N:o 3	1.0110	0.2033	2.07	19.94	22.01	1.74	0.03016 ± 3.3	0.03016	0.0
A b N:o 3	1.0110	0.2033	32.52	19.94	52.46	1.75	0.07309 ± 2.5	0.07186	+1.7
D N:o 1	0.5071	1.0110	2.09	132.49	134.58	1.75	0.03556 ± 8.0	0.03556	0.0
„ N:o 2	0.5071	1.0110	32.51	132.49	165.00	1.75	0.04466 ± 4.8	0.04302	+3.7

Die obigen Tabellen zeigen eine ziemlich befriedigende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen, sowohl in Bezug auf die Oscillationszeit T, wie in Bezug auf das Decrement γ. Man beachte besonders das Vorhandensein eines Maximums von T, welches in der Reihe B zum Ausdruck kommt, auch unter den experimentell erhaltenen Werthen. Es scheint die Oscillationszeit T anfangs mit dem Widerstande W etwas mehr zu wachsen als die Theorie verlangt oder sogar noch zu wachsen, wo der Theorie nach kaum eine merkbare Veränderlichkeit vorhanden sein sollte.

Wir führen noch hier vergleichshalber die beiden Oscillationszeiten $\frac{2\pi}{\beta_0}$ und $\frac{2\pi}{\delta_0}$ an, welche den beiden in dem Grenzfalle $W=0$ und $W_1=0$ entstehenden ungedämpften interferirenden Sinuswellen entsprechen, und welche mittels der Formeln (4) und (5) p. 676 zu berechnen sind.

Reihe:	B und C,	A a N:o 1 und A b N:o 1,	A a N:o 3 und A b N:o 3	D.
$\frac{2\pi}{\beta_0}$ in Millisec.:	3.092,	3.450,	2.893,	2.945.
$\frac{2\pi}{\delta_0}$ in Millisec.:	1.100,	1.392,	0.744,	1.155.

5. **Uebergangsgrenze zwischen verschiedenen Ladungsarten.** Die Reihe B gestattet eine angenäherte Bestimmung desjenigen Grenzwiderstandes W, bei welchem die Ladung aufhört periodisch zu sein, und zwar findet man W etwas kleiner als 800 Ohm. Es soll diese Grenze berechnet werden und gestatten wir uns dabei statt des Werthes $W_1=1.75$ Ohm $W_1=0$ zu nehmen, um die Berechnung bedeutend zu vereinfachen ohne einen nennenswerthen Fehler zu begehen. Zwecks dieser Berechnung hat man die Discriminante D p. 465 gleich Null zu setzen. Indem man den Widerstand W in Ohm, nicht in C. G. S. Einheiten zählt, erhält man zunächst für die beiden Invarianten A und B p. 465 die Ausdrücke

$$\frac{1}{(LL_1-M^2)^6}A=(47.79388)-(41.95983)\,W^2,$$

$$\frac{1}{(LL_1-M^2)^9}B=-(71.89242)+(66.11894)\,W^2,$$

worin die Logaritmen der Coefficienten angeführt sind, ferner als Gl. $D=0$

$$(126.48155)\,W^6-(132.65082)\,W^4+(138.33860)\,W^2-(143.54882)=0.$$

Die einzige reelle Wurzel dieser Gleichung ist

$$\text{Log } W^2 = 5.79110,$$

und giebt

$$W = 786.1 \text{ Ohm},$$

somit einen Werth, welcher sehr gut mit dem experimentell erhaltenen Werthe übereinstimmt.

Indem der Widerstand W wachsend den soeben gefundenen Grenzwerth überschreitet, geht die Discriminante D von einem positiven zu einem negativen Werthe über, und man hat somit einen Uebergangsfall zwischen periodischer und gemischter Ladung.

XXIV. Verzweigter Stromkreis mit Induktion und Capacität in beiden Zweigen.

1. **Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial.** Die für die Versuche dieses Abschnittes gebrauchte Versuchsanordnung ist in der Figur 68 veranschaulicht. Das Hauptbahnstück des Stromkreises streckt sich von dem Punkte Y am Condensator C_2 zu dem Punkte J und enthält die Stromquelle E, die beiden Zweige liegen zwischen denselben Punkten J und Y und enthalten je eine Induktionsspule und einen Condensator. Es ist nur die Ladung des Condensators C_2 gemessen worden, und zwar sind hierzu wie gewöhnlich die Pole dieses Condensators durch den den Pendelcontact A enthaltenden Stromkreis mit dem Widerstande w mit einander verbunden, während der Bahnzweig, in welchem C_2 sich befindet, den anderen Pendelcontact B einschliesst. Die volle Ladung des Condensators ergiebt sich bei heruntergeschlagenem Contacte A, und wird wie die augenblicklichen Ladungen mittels Entladung durch das Galvanometer G gemessen. Man vergleiche übrigens mit den Bezeichnungen der Fig. 62 p. 476.

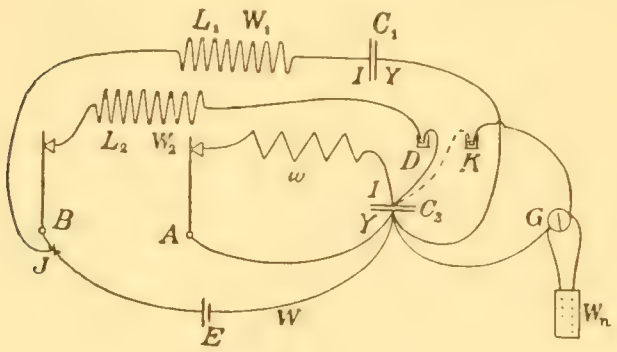


Fig. 68.

Ueberall sind in dieser Abtheilung nur sechs Ladungscurven aufgenommen worden, welche sich in zwei Abtheilungen ordnen.

Abth. A. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. $L_1 = 0.08875$ Henry. $L_2 = 0.5917$ Henry. ($w = 510.3$ Ohm.)

N:o 1. $W = 0.20$ Ohm. $W_1 = 1.74$ Ohm. $W_2 = 3.42$ Ohm.
N:o 2. $W = 49.68$ „ $W_1 = 1.75$ „ $W_2 = 3.42$ „

N:o 3. $W = 0.20$ Ohm. $W_1 = 51.23$ Ohm. $W_2 = 3.42$ Ohm.
N:o 4. $W = 0.20$ „ $W_1 = 1.75$ „ $W_2 = 52.91$ „

Abth. B. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry. $W = 0.20$ Ohm. $W_1 = 3.22$ Ohm. $W_2 = 3.46$ Ohm. ($w = 510.3$ Ohm.)

N:o 1. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof.
N:o 2. $C_1 = 0.2033$ „ $C_2 = 1.0110$ „

2. **Auf die Gl. (16) p. 480 sich beziehende Berechnungen.** Es sollen hier ähnliche Betrachtungen in Bezug auf die Gleichung

$$r^4 - \left(\frac{W+W_1}{L_1} + \frac{W+W_2}{L_2}\right) r^3 + \left(\frac{WW_1 + WW_2 + W_1W_2}{L_1L_2} + \frac{1}{L_1C_1} + \frac{1}{L_2C_2}\right) r^2 - \left(\frac{W+W_1}{C_2} + \frac{W+W_2}{C_1}\right) \frac{1}{L_1L_2} r + \frac{1}{L_1L_2C_1C_2} = 0 \tag{1}$$

angestellt werden wie im Art. 2, XXIII in Bezug auf die dort betrachtete Gleichung (10) p. 464.

Zunächst ergiebt sich, dass für kleine Werthe der Widerstände W, W_1 und W_2 die Gl. (1) zwei Paare conjugirter imaginärer Wurzeln besitzt. In dem Grenzfalle, in welchem alle Widerstände gleich Null sind, geht nämlich diese Gl. in die Gl.

$$r^4 + \left(\frac{1}{L_1C_1} + \frac{1}{L_2C_2}\right) r^2 + \frac{1}{L_1L_2C_1C_2} = 0 \tag{2}$$

über, deren Wurzeln in Bezug auf r^2

$$r^2 = -\frac{1}{L_1C_1},$$

und

$$r^2 = -\frac{1}{L_2C_2}$$

sind, somit beide reel und negativ. Die Ladungscurven entstehen in diesem Grenzfalle durch Interferenz von zwei ungedämpften Sinuswellen mit den Perioden

$$\frac{2\pi}{\beta_0} = 2\pi\sqrt{L_2C_2}, \tag{3}$$

und

$$\frac{2\pi}{\delta_0} = 2\pi\sqrt{L_1C_1}. \tag{4}$$

Nimmt man jetzt kleine Werthe für sämmtliche Widerstände, so erhält man als Wurzeln der Gl. (1) $\alpha \pm i\beta$ und $\gamma \pm i\delta$, wobei β und δ von den Werthen $\beta_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2C_2}}$ und $\delta_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1C_1}}$ wenig verschieden sind und α und γ kleine Werthe erlangen. Für

die Berechnnng der vier Grössen α, γ, β und δ hat man ganz ähnliche Gleichungssysteme wie im Art. 2, XXIII, und zwar

$$
\left\{\begin{aligned}
&L_1L_2x=(W+W_2)L_1+(W+W_1)L_2,\\
&(L_1L_2y)^3-2\left\{\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}+WW_1+WW_2+W_1W_2\right\}(L_1L_2y)^2+\left\{\left(\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}\right)^2+\right.\\
&\quad+2\left(\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}\right)(WW_1+WW_2+W_1W_2)+\left[(W+W_2)L_1+(W+W_1)L_2\right]\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\right.\\
&\quad\left.\left.+\frac{W+W_2}{C_1}\right)+(WW_1+WW_2+W_1W_2)^2\right\}(L_1L_2y)+\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)^2L_1L_2+\\
&\quad+\left[(W+W_2)L_1+(W+W_1)L_2\right]^2\frac{1}{C_1C_2}-\left[(W+W_2)L_1+(W+W_1)L_2\right]\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\right.\\
&\quad\left.+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\left(\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}+WW_1+WW_2+W_1W_2\right)=0.
\end{aligned}\right. \tag{5}
$$

$$
\left\{\begin{aligned}
\alpha&=\frac{1}{4}\left(x-\sqrt{x^2-4y}\right),\\
\gamma&=\frac{1}{4}\left(x+\sqrt{x^2-4y}\right).
\end{aligned}\right. \tag{6}
$$

$$
\left\{\begin{aligned}
(\gamma-\alpha)\beta^2&=\frac{1}{2}\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2}-\left(\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}+WW_1+WW_2+W_1W_2\right)\frac{1}{L_1L_2}\alpha+\alpha^2(\alpha+3\gamma),\\
(\gamma-\alpha)\delta^2&=-\frac{1}{2}\left(\frac{W+W_1}{C_2}+\frac{W+W_2}{C_1}\right)\frac{1}{L_1L_2}+\left(\frac{L_1}{C_2}+\frac{L_2}{C_1}+WW_1+WW_2+W_1W_2\right)\frac{1}{L_1L_2}\gamma-\gamma^2(\gamma+3\alpha).
\end{aligned}\right. \tag{7}
$$

Hierbei ist

$$\alpha<\gamma \tag{8}$$

genommen worden. Man erhält β^2 grösser oder kleiner als δ^2, je nachdem die Grösse

$$4\left(\frac{1}{L_1C_1}-\frac{1}{L_2C_2}\right)\left(\frac{W+W_1}{L_1}-\frac{W+W_2}{L_2}\right)-\left(\frac{W+W_1}{L_1}+\frac{W+W_2}{L_2}\right)\left\{\left(\frac{W+W_1}{L_1}-\frac{W+W_2}{L_2}\right)^2+4\frac{W^2}{L_1L_2}\right\} \tag{9}$$

negativ oder positiv ist. Nöthigenfalls müssen β_0 und δ_0 in den Ausdrücken (3) und (4) mit einander vertauscht werden.

In der zweiten Gleichung (5) nimmt man die kleinste positive reelle Wurzel. Es giebt eine solche Wurzel, wie die für kleine Werthe von W, W_1 und W_2 geltende Formel

$$(L_1L_2)^2(x^2-4y)=\left\{(W+W_1)L_2-(W+W_2)L_1\right\}^2+\cdots \tag{10}$$

zeigt.

Schliesslich entwickelt man noch folgende Ausdrücke, welche auch bei der numerischen Berechnung sehr anwendbar sind, vorausgesetzt dass die Widerstände nicht zu grosse Werthe besitzen.

$$(11)\quad L_1 L_2 y = (W+W_1)(W+W_2) - \frac{W^2}{\left(\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}\right)^2}\left\{(W+W_2)L_1-(W+W_1)L_2\right\}\left\{\frac{W+W_2}{C_1}-\frac{W+W_1}{C_2}\right\},$$

$$(12)\quad \begin{cases} 2\alpha = \dfrac{W+W_2}{L_2} + \dfrac{W^2}{\left(\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}\right)^2}\left(\dfrac{W+W_2}{C_1}-\dfrac{W+W_1}{C_2}\right), \\ 2\gamma = \dfrac{W+W_1}{L_1} + \dfrac{W^2}{\left(\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}\right)^2}\left(\dfrac{W+W_1}{C_2}-\dfrac{W+W_2}{C_1}\right). \end{cases}$$

Hierbei ist vorausgesetzt worden, dass

$$(13)\quad (W+W_2)L_1 < (W+W_1)L_2$$

ist. Im entgegengesetzten Falle sollen α und γ mit einander vertauscht werden.

Ferner geben die Gleichungen (7) durch Einsetzen der Werthe (12)

$$(14)\quad \begin{cases} \beta^2 = \dfrac{1}{L_2 C_2}\left\{1-\frac{1}{4}\dfrac{C_2}{L_2}(W+W_2)^2 - \dfrac{W^2}{\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}}\right\}, \\ \delta^2 = \dfrac{1}{L_1 C_1}\left\{1-\frac{1}{4}\dfrac{C_1}{L_1}(W+W_1)^2 + \dfrac{W^2}{\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}}\right\}, \end{cases}$$

woraus noch folgt

$$(15)\quad \begin{cases} \dfrac{2\pi}{\beta} = 2\pi\sqrt{L_2 C_2}\left\{1+\frac{1}{8}\dfrac{C_2}{L_2}(W+W_2)^2 + \frac{1}{2}\dfrac{W^2}{\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}}\right\}, \\ \dfrac{2\pi}{\delta} = 2\pi\sqrt{L_1 C_1}\left\{1+\frac{1}{8}\dfrac{C_1}{L_1}(W+W_1)^2 - \frac{1}{2}\dfrac{W^2}{\frac{L_1}{C_2}-\frac{L_2}{C_1}}\right\}. \end{cases}$$

Die obigen Annäherungsformeln (9), (11), (12), (14) und (15) setzen voraus, dass die Relation

$$(16)\quad \begin{vmatrix} L_1 & L_2 \\ C_2 & C_1 \end{vmatrix} = 0$$

nicht erfüllt ist, auch nicht annäherungsweise. Besteht die Relation (16), so verlieren die Formeln (5), (6) und (7) nicht ihre Anwendbarkeit. Die zweite Gleichung (5) giebt noch eine mit den Widerständen verschwindende kleinste Wurzel. Wir unterlassen die Aufstellung einer besonderen Entwickelung für diese Wurzel. Wenn die Relation (16) befriedigt ist, so giebt ferner die Gl. (1) in dem Grenzfalle, in welchem alle Widerstände Null sind, die beiden gleich grossen Wurzeln

$$(17)\quad \gamma^2 = -\frac{1}{L_1 C_1} = -\frac{1}{L_2 C_2}$$

und die Ladungscurve setzt sich aus zwei gewöhnlichen Sinuswellen mit derselben Periode

(18) $$T = 2\pi\sqrt{L_1 C_1} = 2\pi\sqrt{L_2 C_2}$$

zusammen.

3. **Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven.** Die Experimente zeigen, dass die erhaltenen Ladungscurven meistens so nahe regelmässig gedämpfte Sinuslinien darstellen, dass die auf eine solche Linie sich beziehenden Berechnungsmethoden ohne weiteres anwendbar sind. Nur im Curvenanfang kann eine kleine Abweichung vorkommen. Wir unterlassen hier Belegmaterial dafür anzuführen, dass die Curvenachsen gerade Linien sind, sowie dass die Oscillationszeit und das Decrement der Curve entlang constant bleiben, weil die Resultate ganz ähnlich wie im Art. 3, XXIII sind. Als Erklärung dieser Thatsachen ist wohl anzunehmen, dass die eine von den beiden regelmässig gedämpften Sinusschwingungen, welche zusammen die Ladungscurven geben, sehr schnell nahe unmerklich wird. Bei den experimentell aufgenommenen Curven erscheint hauptsächlich diejenige Schwingung, welche die längere Periode hat. Die Bezeichnungen sind so gewählt, dass die Grössen α und β (nicht γ und δ) sich auf diese Schwingung beziehen. Für die Berechnung der Oscillationszeit und des Decrementes hat man dann wie gewöhnlich

(19) $$T = \frac{2\pi}{\beta}$$

und

(20) $$\gamma = \frac{M\alpha\pi}{\beta}.$$

Es muss auch hier ein Zusatzwiderstand wie immer früher in Anwendung gebracht werden, und zwar fügen wir diesen Widerstand w zu W und berechnen ihn für die ganze Abtheilung A aus dem Decremente der Curve A a N:o 1. Für die zwei Curven der Abtheilung B kann nur die Oscillationszeit berechnet werden, und zwar ist dies ohne Zusatzwiderstand ausgeführt worden. Die Curve B N:o 1 erfüllt sehr nahe die Gl. (16), indem L_1 und L_2, C_1 und C_2 nahe gleich sind. Die Resultate der Berechnungen sind unten mit den beobachteten Werthen zusammengestellt.

Abth. A. $L_1 = 0.08875$ Henry. $L_2 = 0.5917$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof.

Bezeichn.	W in Ohm	w in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
A N:o 1	0.20	43.86	44.06	1.74	3.42	4.860 ± 6.2	4.853	+0.1
„ N:o 2	49.68	43.86	93.54	1.75	3.42	4.924 ± 6.1	4.823	+2.1
„ N:o 3	0.20	43.86	44.06	51.23	3.42	4.888 ± 5.7	4.852	+0.7
„ N:o 4	0.20	43.86	44.06	1.75	52.91	4.917 ± 7.9	4.851	+1.3

Abth. B. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry.

Bezeichn.	C_1 in Mikrof.	C_2 in Mikrof.	W in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	T beob.	T ber.	Diff. in Proc.
B N:o 1	1.0119	1.0110	0.20	3.22	3.46	4.883 ± 3.9	4.866	+0.3
B N:o 2	0.2033	1.0110	0.20	3.22	3.46	4.888 ± 3.8	4.866	+0.3

Abth A. $L_1 = 0.08875$ Henry. $L_2 = 0.5917$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof.

Bezeichn.	W in Ohm	w in Ohm	$W+w$ in Ohm	W_1 in Ohm	W_2 in Ohm	γ beob.	γ ber.	Diff. in Proc.
A N:o 1	0.20	43.86	44.05	1.74	3.42	0.04228 ± 66	0.04228	0.0
„ N:o 2	49.68	43.86	93.54	1.75	3.42	0.08415 ± 2.0	0.08583	− 2.0
„ N:o 3	0.20	43.86	44.06	51.23	3.42	0.04158 ± 2.1	0.04208	− 1.2
„ N:o 4	0.20	43.86	44.06	1.75	52.91	0.08565 ± 1.9	0.08649	− 1.0
B N:o 1	γ beob. $= 0.02222 \pm 1.4$							
B N:o 2	γ beob. $= 0.02256 \pm 4.4$							

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ist sowohl in Bezug auf die Oscillationszeit T wie in Bezug auf das Decrement γ sehr befriedigend. In Uebereinstimmung mit der Theorie steht es auch, dass das Decrement γ bei den beiden Curven der Reihe B nahe denselben Werth hat, indem nämlich der Zweig mit der Capacität C_2 und dem Selbstinduktionscoefficienten L_2 in beiden Fällen derselbe ist. Man beachtet, dass die Differenzen der Decremente γ beob. $-\gamma$ ber. hier negativ sind, während früher meistens positive Werthe dieser Differenz gefunden wurden. Dies hängt aber damit zusammen, dass der Zusatzwiderstand $w = 43.86$ Ohm sicher etwas zu gross ist. Bei der Curve A N:o 1 ist in der That die Aufnahme der Maxima und Minima schlecht gelungen, indem sie ein der Curve entlang nicht genügend constantes Decrement geben, welches übrigens grösser ausgefallen ist, als was die Curve selbst als Werth des Decrementes anzeigt. Die Ursache hierzu mag in irgend einer zufälligen Widerstandszunahme gelegen sein. Auch ist diese Erscheinung bei keiner anderen Curve beobachtet worden.

Als Endresultat gilt, dass *die Theorie auch bei dem in diesem Abschnitte betrachteten Ladungsvorgange mit der Erfahrung in Uebereinstimmung ist.*

N:o 1.

XXV.

Mit derjenigen Anordnung des Stromkreises, welche aus der im Abschnitt XXIV betrachteten Anordnung durch Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion zwischen beiden Zweigen entsteht, sind keine Experimente vorgenommen worden.

Die in dem experimentellen Theile der vorliegenden Arbeit beschriebenen Experimente wurden sämmtlich im Jahre 1899 in dem physikalischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums zu Zürich ausgeführt, und ist es mir eine angenehme Pflicht dem Vorsteher des Laboratoriums, Herrn Prof. Dr H. F. Weber für allseitiges freundliches Entgegenkommen meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Auch bin ich der *Finnländischen Gesellschaft der Wissenschaften* zu besonderem Danke verpflichtet für die Aufnahme der umfassenden Arbeit in ihre Acta. Die Abhandlung ist der Gesellschaft am 21 Maj 1900 eingereicht worden. Einige wenige der in dem Litteraturverzeichniss unten aufgeführten neueren Schriften, welche sich auf theilweise analogem Gebiete bewegen, haben nicht mehr berücksichtigt werden können.

Der Verf.

Litteratur.

(1897—1901.)

Hj. Tallqvist. Ueber die oscillatorische Ladung von Condensatoren. Wied. Ann. Bd. LX N:o 2, p. 248. 1897.

M. Pétrovitch. Sur la décharge des conducteurs à capacité, résistance et coefficient de self-induction variables. Comptes rendus **124**. p. 452. 1897. Journ. de phys. **6**. p. 242. 1897.

U. Seiler. Ueber Oscillationen bei der Ladung von Condensatoren und ihre Anwendung zur Bestimmung des Selbstpotentials beliebiger Leitersysteme. Wied. Ann. Bd. LXI. N:o 1. p. 30. 1897.

J. Bergmann. Zur Bestimmung der Dauer elektrischer Schwingungen von grossen Perioden. Wied. Ann. Bd. LXIV. N:o 4. p. 683. 1898.

Hj. Tallqvist. Untersuchungen über elektrische Schwingungen II. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIV. N:o 3. 1898.

A. G. Webster. An experimental determination of the period of electrical oscillations. The physical review. T. VI. p. 297. 1898.

A. Ekström. Methoden zur Untersuchung der charakteristischen Grössen bei elektrischen Schwingungen. Jahresbericht der phys. Ges. Zürich. **10**. p. 11. 1898.

I. A. Erskine. Ueber die gegenseitige Wirkung zweier Stromkreise und ihre Anwendung auf die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten. Wied. Ann. Bd. LXVI. N:o 10. p. 267. 1898.

A. F. Sundell. Ueber das Decrement elektrischer Schwingungen bei der Ladung von Condensatoren. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXIV. N:o 11. 1899.

Hj. Tallqvist. Untersuchungen über elektrische Schwingungen. III. Acta Soc. Scient. Fenn. Tom. XXVI. N:o 3. 1899.

W. König. Ueber Methoden zur Untersuchung langsamer elektrischer Schwingungen. Wied. Ann. Bd. XXVII. N:o 3. p. 535. 1899.

Barton and *Morton.* Criterion for the oscillating discharge of a condenser. Phil. Mag. T. LVIII. p. 143 & 148. 1899.

H. Brooks. Damping of electrical oscillations. Canada Trans. 5. p. 13. 1899.

F. Richarz und *W. Ziegler.* Analyse oscillirender Flaschenentladungen vermittels der *Braun*'schen Röhre. Drudes Ann Bd. 1. N:o 3. p. 468. 1900.

K. R. Johnson. Ueber den Extrastrom beim Unterbrechen eines elektrischen Stromkreises. Drudes Ann. Bd. 2. N:o 1. p. 179. 1900.

K. R. Johnson. Ueber den Oeffnungsstrom in einem verzweigten Stromkreise. Drudes Ann. Bd. 2. N:o 3. p. 495. 1900.

M. Th. Edelmann. Helmholtz's Pendelunterbrecher. Drudes Ann. Bd. 3. N:o 2. p. 274. 1900.

A. F. Sundell und *Hj. Tallqvist.* Ueber das Decrement elektrischer Schwingungen bei der Ladung von Condensatoren. Drudes Ann. Bd. 4. N:o 1. p. 72. 1901.

H. Brooks. Damping of the oscillations in the discharge of a Leydenjar. Phil. Mag. p. 92. N:o 7. 1901.

T. Mizuno. Ueber den Einfluss eines selbstinduktionslosen Widerstandes auf die oscillatorische Condensatorentladung. Drudes Ann. Bd 4. N:o 4. p. 811. 1901.

T. Mizuno. The influence of a non-inductive Resistance on a oscillatory discharge of a condenser. The Electrician **47**. p. 169. 1901.

T. Mizuno. Oscillatory discharges trough divided inductive circuits. The Electrician **47**. p 711. 1901.

A. Russell. Oscillatory Discharges: The Electrician **47**. p. 228. 1901.

TABELLEN,

welche die Coordinaten der beobachteten Curvenpunkte enthalten, und zwar die Abscissen t in Millisec. und die Ordinaten q in Scalentheilen.

I.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A.

Bezeichnung.	Charakter der Curve.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_5 L_4$	Lad. Curve	0.5933	2.0229	3.58	1 Acc.	511.2	100.30	480	23°.0
$C_5 L_4$ № 1	Entlad. Curve	0.5933	2.0229	3.56	1 Acc.	511.1	200.75	1100	21°.8
$C_3 L_4$	Lad. Curve	0.5933	1.0119	3.55	1 Acc.	511.0	98.15	1100	21°.3
$C_3 L_4$ № 1	Entlad. Curve	0.5933	1.0119	3.57	1 Acc.	511.2	156.91	2200	22°.4
$C_2 L_4$	Lad. Curve	0.5933	0.5071	3.59	1 Acc.	511.3	74.11	2000	24°.0
$C_2 L_4$ № 1	Entlad. Curve	0.5933	0.5071	3.59	1 Acc.	511.3	99.69	3500	23°.8
$C_5 L_2$	Lad. Curve	0.1926	2.0229	2.16	1 Acc.	511.4	101.79	500	24°.2
$C_5 L_2$ № 1	Entlad. Curve	0.1926	2.0229	2.17	1 Acc.	511.5	197.02	1100	25°.2
$C_5 L_1$	Lad. Curve	0.08875	2.0229	1.59	1 Acc.	511.2	102.09	500	22°.5
$C_5 L_1$ № 1	Entlad. Curve	0.08875	2.0229	1.60	1 Acc.	511.5	196.76	1100	24°.8

In den folgenden Tabellen A und B gehört die Ordinate q der Ladungscurve, die Ordinate q' der Entladungscurve an.

Aa. Die Curven C_5 L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	74.3	39.0	26.842	159.5	−125.4	34.701	187.7	−172.5	42.481	156.1	−102.0
20.232	186.4	−177.4	28.157	190.7	−175.5	36.004	137.8	−62.6	43.772	67.5	70.4
21.560	181.0	−152.9	29.470	112.1	−9.9	37.303	41.2	123.7	45.060	23.1	154.4
22.887	78.4	55.5	30.781	18.3	163.5	38.601	21.6	153.0	46.346	72.7	44.7
24.205	2.2	196.7	32.089	33.2	130.0	39.896	100.9	−19.1	47.631	154.8	−119.1
25.524	50.2	90.7	33.396	130.5	−76.3	41.189	175.8	−154.8	48.913	167.8	−129.1

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
50.193	98.0	14.2	95.329	117.8	−48.1	139.294	108.5	−10.9	183.014	85.3	30.0
51.473	35.1	133.0	96.560	141.7	−80.0	140.508	82.5	39.0	184.231	91.5	8.1
52.750	51.1	90.5	97.791	114.0	−13.5	141.750	77.1	46.4	185.452	106.7	−17.3
54.025	130.6	−69.5	99.021	75.4	61.3	142.934	96.5	3.2	186.672	114.6	−26.1
55.299	168.2	−135.0	100.250	62.5	73.6	144.148	119.1	−41.1	187.892	102.7	−5.0
56.571	129.6	−50.0	101.479	91.5	2.5	145.361	121.1	−40.5	189.115	90.6	23.0
57.841	57.5	93.8	102.708	132.4	−64.9	146.574	99.5	−2.0	190.236	87.4	26.2
59.110	38.0	118.0	103.936	133.8	−59.5	147.786	81.5	38.4	191.560	98.7	1.1
60.377	97.4	−8.9	105.163	99.3	9.8	148.999	79.6	38.1	192.784	110.5	−21.3
61.643	155.4	−116.6	106.390	66.5	69.5	150.211	101.6	−11.0	194.005	110.9	−20.6
62.907	145.8	−89.9	107.616	70.3	49.4	151.425	120.2	−39.6	195.230	100.2	1.8
64.170	82.4	41.5	108.841	108.6	−21.3	152.638	115.6	−32.4	196.457	88.4	23.8
65.432	40.8	120.7	110.065	134.9	−69.6	153.850	94.6	13.2	197.682	88.5	20.2
66.692	68.3	40.3	111.288	122.6	−32.2	155.063	79.4	41.7	198.909	102.4	−4.4
67.950	131.7	−72.2	112.510	88.3	42.0	156.275	87.4	24.4	200.138	111.7	−23.3
69.207	156.8	−110.2	113.733	66.3	67.5	157.489	105.7	−16.1	201.368	108.6	−10.1
70.463	115.9	−12.1	114.955	85.7	17.4	158.703	119.6	−38.2	202.607	96.5	11.3
71.717	57.3	93.5	116.175	121.0	−50.9	159.915	111.6	−12.2	203.827	88.6	23.5
72.970	53.0	93.9	117.396	132.6	−57.0	161.129	89.1	25.2	205.057	93.3	10.1
74.221	103.1	−22.3	118.616	111.6	−15.0	162.341	81.6	37.7	206.287	106.5	−12.3
75.473	148.9	−102.3	119.837	76.4	46.6	163 556	93.2	12.1	207.521	111.5	−21.1
76.723	139.8	−73.1	121.055	71.5	57.4	164.769	112.6	−28.5	208.754	103.5	−4.3
78.071	82.5	46.3	122.272	97.6	1.1	165.984	117.6	−31.2	209.989	92.5	16.8
79.217	49.2	101.3	123.490	125.3	−51.0	167.198	104.4	0 6	211.224	90.2	20.1
80.463	78.5	46.3	124.708	125.9	−49.2	168.414	85.2	29.4	212.460	99.4	2.2
81.708	127.6	−61.4	125.926	98.3	11.2	169 628	84.8	31.4	213.697	108.5	−17.1
82.951	148.8	−92.6	127.143	73.5	56.4	170.845	101.7	−1.2	214.934	109.5	−17.1
84.193	107.3	−8 0	128.359	80.2	37.6	172.061	114.7	−30.2	216.173	99.8	2.6
85.435	61.5	86.7	129.574	108.7	−23.0	173.275	113.8	−25.0	217.403	91.5	18.2
86.675	57.0	80.3	130.791	127.5	−53.2	174.471	99.6	5.9	218.654	92.4	13.7
87.914	100.7	−8.1	132.006	116.7	−28.4	175.707	84.8	31.4	219.898	102.7	−5.7
89.152	147.7	−82.3	133.221	88.2	26.2	176.923	90.2	21.1	221.142	109.4	−18.3
90.388	133.4	−55.1	134.436	73.8	53 3	178.138	103.1	−12.0	222.386	105.6	−9.8
91.624	84.5	38.8	135.651	85.4	27.2	179.356	115.4	−29.9	223.634	95.3	11.2
92.860	57.3	85.6	136.864	114.4	−31.4	180.574	109.5	−14.3			
94.095	71.9	31.3	138.079	125.3	−49.1	181.794	93.1	13.4			

Aa. Maxima und Minima der Curven C_5 L_4.

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
1	202.94	−204.71	5	187.78	−173.47	9	174.12	−147.63	13	162.91	−124.98
2	1.80	196.63	6	16.80	167.44	10	29.14	142.03	14	40.12	120.90
3	194.86	−188.73	7	180.71	−159.85	11	167.93	−135.83	15	157.88	−114.97
4	9.52	182.37	8	23.14	154.18	12	34.79	131.05	16	44.98	111.13

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
17	153.46	−106.07	28	66.63	67.94	39	121.55	−42.58	50	86.58	27.39
18	50.21	102.60	29	132.66	−64.23	40	79.55	41.47	51	113.41	−26.01
19	149.44	−97.73	30	69.05	62.57	41	119.75	−39.03	52	87.52	25.45
20	53.25	94.61	31	129.79	−59.18	42	81.35	38.07	53	112.51	−24.03
21	145.62	−89.78	32	71.43	57.50	43	118.54	−36.11	54	88.52	23.36
22	57.24	86.78	33	127.58	−54.24	44	82.52	35.14	55	111.57	−22.02
23	141.75	−82.25	34	73.65	53.02	45	117.03	−33.01	56	89.39	21.42
24	60.29	79.98	35	125.57	−50.13	46	84.17	32.40	57	110.60	−20.08
25	138.06	−76.31	36	75.73	48.89	47	115.52	−30.16	58	90.43	20.14
26	63.50	73.88	37	123.46	−46.09	48	85.27	30.21	59	109.48	−18.30
27	135.51	−69.57	38	77.74	44.90	49	114.55	−28.15			

Ab. Die Curven C_3 L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	72.3	36.2	47.310	18.6	131.1	74.847	107.4	−8.2	101.768	100.6	−3.9
19.900	227.4	−208.8	48.272	84.6	17.9	75.786	61.5	60.8	102.708	122.9	−39.7
20.896	193.3	−154.3	49.233	167.3	−111.5	76.723	61.7	58.4	103.628	115.9	−28.3
21.891	31.0	92.8	50.194	150.1	−89.7	77.759	107.9	−17.0	104.549	90.5	18.2
22.883	−33.4	212.8	51.153	64.5	48.0	78.594	141.0	−67.3	105.470	73.6	39.2
23.873	92.7	8.1	52.112	25.2	117.7	79.529	112.8	−24.0	106.390	90.6	10.3
24.865	219.4	−188.4	53.069	88.8	8.8	80.463	68.5	48.6	107.309	117.0	−30.1
25.854	179.5	−147.0	54.025	161.2	−101.4	81.397	61.5	55.6	108.228	118.9	−30.5
26.842	20.2	108.8	54.981	151.2	79.0	82.329	101.9	−4.5	109.147	95.4	4.7
27.828	−21.3	188.7	55.936	72.6	47.1	83.262	135.0	−58.4	110.064	76.6	34.6
28.814	79.6	19.1	56.889	31.2	107.0	84.193	122.0	−37.0	110.982	83.9	24.1
29.798	203.4	−171.0	57.841	72.1	38.1	85.125	82.3	27.1	111.899	108.0	−18.2
30.781	178.4	−114.7	58.793	147.9	−81.0	86.055	62.3	58.3	112.815	119.1	−33.5
31.762	39.9	88.6	59.744	152.1	−78.9	86.985	88.3	12.6	113.733	105.8	−9.9
32.743	−6.9	170.9	60.693	84.7	26.2	87.914	127.8	−48.0	114.649	84.1	23.9
33.723	94.8	3.0	61.643	37.5	96.6	88.842	126.0	−43.5	115.565	79.6	29.0
34.701	198.4	−156.8	62.591	76.6	30.5	89.770	88.6	13.3	116.481	100.8	−2.7
35.678	165.1	−108.3	63.538	143.6	−72.1	90.697	64.6	53.3	117.396	116.1	−29.9
36.654	40.5	98.7	64.485	148.9	−77.2	91.624	84.6	21.2	118.310	110.8	−18.9
37.628	1.2	156.9	65.432	89.7	14.0	92.552	120.7	−36.1	119.226	89.8	14.8
38.601	82.4	27.9	66.377	44.6	85.4	93.478	128.0	−45.4	120.141	79.8	29.0
39.572	184.4	−136.0	67.321	66.5	50.3	94.403	104.6	−4.0	121.055	94.2	6.2
40.534	158.3	101.9	68.265	126.9	−52.9	95.328	72.5	46.0	121.968	112.6	−21.3
41.513	47.2	71.4	69.207	147.2	−76.0	96.252	74.6	38.0	122.881	114.4	−24.2
42.481	10.8	141.2	70.151	100.6	0.7	97.176	107.7	−19.6	123.795	98.9	2.2
43.450	92.7	5.9	71.090	42.1	74.5	98.098	126.9	−44.9	124.708	82.4	25.7
44.417	178.5	−127.0	72.030	68.5	38.0	99.021	108.9	−14.6	125.622	86.3	16.0
45.382	156.0	−92.9	72.970	124.3	−47.1	99.943	77.5	36.2	126.534	105.8	−11.0
46.346	53.3	65.6	73.908	145.1	−73.1	100.864	74.7	36.2	127.446	113.7	−24.0

N:o 1.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
128.358	104.8	−5.7	136.561	107.6	−15.0	144.755	87.8	17.2	152.941	99.8	−4.1
129.270	86.7	19.1	137.471	110.7	−16.5	145.664	97.7	1.6	153.849	90.7	12.0
130.181	85.3	19.0	138.383	99.6	−0.4	146.574	108.5	−15.0	154.759	90.7	11.7
131.094	98.7	0.0	139.294	87.5	19.1	147.483	105.8	−12.1	155.670	100.0	−2.3
132.006	110.8	−20.6	140.204	89.4	13.4	148.392	93.7	5.4	156.579	106.9	−13.1
132.917	109.2	−16.0	141.113	103.9	−5.8	149.302	88.5	16.2	157.489	102.8	−7.8
133.829	93.9	13.6	142.024	109.8	−18.0	150.211	93.7	5.5			
134.740	84.6	22.1	142.934	103.9	−7.7	151.121	102.8	−11.0			
135.651	93.6	8.5	143.845	90.6	13.1	152.032	108.5	−14.1			

Ab. Maxima und Minima der Curven C_3 L_4.

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
1	239.74	−225.42	15	168.87	−111.46	29	133.09	−55.32	43	115.56	−27.26
2	−36.31	214.75	16	31.19	106.18	30	64.55	53.14	44	81.42	26.26
3	226.36	−203.91	17	168.28	−100.99	31	129.94	−50.94	45	113.82	−24.89
4	−23.56	194.05	18	37.47	96.72	32	68.28	48.14	46	82.92	24.09
5	213.35	−183.97	19	155.69	−91.60	33	126.95	−45.33	47	112.11	−22.39
6	−11.90	175.70	20	43.31	87.53	34	70.96	43.34	48	84.64	21.81
7	203.31	−166.88	21	150.12	−82.72	35	123.99	−41.07	49	110.83	−20.08
8	−1.73	158.73	22	48.45	79.62	36	73.55	39.34	50	85.75	19.87
9	193.01	−151.19	23	145.15	−74.97	37	121.94	−37.07	51	109.69	−18.02
10	8.06	143.92	24	53.36	71.60	38	75.77	35.46	52	86.98	18.09
11	184.11	−136.35	25	141.02	−67.88	39	119.36	−33.30	53	108.82	−16.48
12	16.34	130.64	26	57.50	64.58	40	78.22	32.13	54	87.96	16.20
13	175.90	−123.42	27	136.95	−61.24	41	117.14	−30.07	55	107.61	−14.81
14	24.10	117.70	28	61.46	58.48	42	79.83	29.01	56	88.94	14.74

Ac. Die Curven C_2 L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	45.3	39.1	24.865	−42.1	152.9	30.781	149.9	−92.6	36.654	111.7	−49.9
19.567	203.3	−167.9	25.524	−15.1	127.1	31.435	29.0	72.1	37.303	152.1	−105.2
20.232	179.9	−162.2	26.183	126.7	−61.4	32.089	−21.1	127.8	37.952	96.7	−22.2
20.896	35.7	42.2	26.842	189.2	−154.2	32.743	48.0	43.1	38.601	21.9	83.9
21.560	−66.1	187.8	27.500	115.5	−46.6	33.396	145.0	−87.7	39.249	7.9	89.2
22.222	6.4	97.9	28.157	−6.1	112.1	34.049	150.0	−107.3	39.896	83.7	−17.0
22.883	163.8	−111.2	28.814	−24.0	136.8	34.701	64.0	5.2	40.543	138.9	−86.2
23.544	190.2	−156.7	29.470	71.7	−6.0	35.353	−3.9	104.8	41.189	118.8	−54.3
24.205	81.9	−17.8	30.126	171.9	−130.5	36.004	17.3	79.1	41.835	50.8	32.5

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
42.481	9.8	87.2	58.476	87.4	−21.0	74.222	77.9	−4.1	89.770	69.6	2.8
43.127	54.4	23.9	59.110	49.2	32.4	74.848	92.6	−25.0	90.388	63.4	14.0
43.772	117.5	−61.7	59.743	42.2	43.3	75.473	84.3	−18.0	91.006	68.4	8.8
44.417	124.4	−68.4	60.376	71.9	3.7	76.098	66.3	13.8	91.624	81.1	−8.3
45.060	77.5	−0.2	61.011	102.5	−34.8	76.723	56.4	23.9	92.243	83.6	−13.0
45.703	18.3	71.5	61.643	95.0	−34.2	77.347	69.5	10.0	92.860	76.5	−5.2
46.346	41.4	44.9	62.275	63.8	10.3	78.071	86.9	−17.2	93.477	66.5	9.1
46.989	99.7	−33.7	62.906	45.2	39.3	78.695	89.0	−20.0	94.095	65.2	11.1
47.631	126.3	−70.6	63.538	57.4	20.3	79.218	74.5	−0.5	94.712	74.5	2.9
48.272	88.9	−24.0	64.170	89.8	−19.6	79.840	60.4	18.7	95.328	81.7	−9.1
48.913	37.4	47.1	64.801	100.7	−36.9	80.463	61.4	17.8	95.944	80.6	−8.9
49.553	32.2	56.0	65.332	79.6	−8.5	81.086	78.5	−4.0	96.560	71.6	3.8
50.193	74.5	−3.7	66.062	52.3	30.0	81.708	88.3	−18.5	97.175	65.8	10.2
50.833	118.9	−60.6	66.691	54.0	27.9	82.329	82.7	−11.9	97.790	68.7	6.9
51.473	102.6	−39.8	67.320	76.6	−1.9	82.951	67.5	7.9	98.406	76.5	−3.3
52.112	49.1	28.6	67.949	96.7	−30.9	83.572	60.3	18.0	99.021	81.6	−10.0
52.750	30.5	58.2	68.578	88.0	−21.1	84.193	70.5	6.9	99.636	76.6	−4.9
53.388	58.4	14.0	69.206	63.6	13.2	84.814	83.4	−11.1	100.251	68.8	5.8
54.025	104.6	−42.0	69.836	51.4	31.0	85.435	86.0	−16.2	100.864	67.3	9.8
54.663	111.8	−50.9	70.463	66.1	13.4	86.055	76.4	−4.9	101.479	72.4	3.7
55.299	73.6	3.1	71.090	88.4	−18.6	86.675	63.9	11.9	102.093	79.0	−6.2
55.936	37.2	49.1	71.717	94.0	−25.2	87.295	64.7	14.5	102.708	79.6	−8.3
56.571	47.0	39.4	72.343	76.7	−3.0	87.913	74.2	−3.3			
57.206	88.5	−20.9	72.970	56.8	24.8	88.533	84.9	−14.0			
57.841	109.8	−47.9	73.596	57.2	24.2	89.151	81.8	−10.3			

Ac. Maxima und Minima der Curven C_2 L_1.

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
1	221.96	−200.94	13	141.87	−92.05	25	104.73	−42.40	37	87.71	−19.12
2	−65.94	188.66	14	9.38	87.11	26	44.04	39.99	38	59.87	18.45
3	203.99	−176.41	15	132.97	−81.19	27	100.94	−37.26	39	86.03	−16.97
4	−48.78	164.98	16	17.22	76.22	28	47.42	35.12	40	61.44	16.24
5	188.13	−157.96	17	126.03	−71.33	29	97.72	−32.69	41	84.59	−14.89
6	−33.80	145.24	18	24.10	67.09	30	50.65	31.04	42	63.09	14.14
7	172.29	−136.46	19	119.79	−62.61	31	94.69	−28.58	43	83.31	−12.97
8	−20.98	128.00	20	30.10	58.88	32	53.37	27.20	44	64.40	12.67
9	162.03	−119.39	21	113.99	−54.74	33	92.42	−24.92	45	82.14	−11.40
10	−9.38	112.36	22	35.48	51.65	34	55.93	23.99	46	65.41	11.00
11	150.92	−105.22	23	108.93	−48.06	35	89.83	−21.97	47	80.96	−9.98
12	0.77	98.84	24	40.04	45.20	36	58.18	21.02	48	66.45	9.80

N:o 1.

Ad. Die Curven C_5 L_2.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	84.1	37.0	42.481	86.3	29.9	65.332	86.4	29.2	87.913	100.2	5.4
19.567	141.9	−77.3	43.127	118.6	−32.1	66.062	97.2	6.0	88.533	93.6	17.7
20.232	157.8	−108.5	43.772	131.8	−58.1	66.691	113.5	−23.9	89.151	95.5	11.0
20.896	119.8	−26.2	44.417	114.9	−22.1	67.320	116.6	28.4	89.770	101.7	−0.9
21.560	56.1	80.2	45.060	90.3	27.4	67.949	107.6	−10.9	90.388	108.5	−13.9
22.222	41.4	106.9	45.703	73.2	55.3	68.578	93.2	19.8	91.006	108.7	−13.1
22.883	84.1	25.1	46.346	86.4	25.0	69.206	87.3	27.7	91.624	102.4	1.0
23.544	141.7	−73.3	46.989	113.7	−23.3	69.836	95.8	8.8	92.243	96.7	11.6
24.205	153.6	−99.3	47.631	128.7	−52.0	70.463	108.1	−14.0	92.860	94.5	13.1
24.865	115.5	25.1	48.272	117.6	−29.2	71.090	114.9	−26.2	93.477	100.5	1.6
25.524	69.6	60.1	48.913	90.4	24.8	71.717	109.8	−13.4	94.095	106.1	−8.4
26.183	52.0	92.8	49.553	76.3	49.4	72.343	96.6	11.0	94.712	108.6	−13.1
26.842	86.4	28.0	50.193	85.6	30.2	72.970	88.5	25.2	95.328	104.5	−5.7
27.500	134.5	−67.1	50.833	112.5	−22.5	73.596	92.4	15.4	95.944	98.7	7.2
28.157	147.9	−88.3	51.473	125.5	−46.2	74.222	104.7	−8.0	96.560	95.3	13.1
28.814	118.7	26.1	52.112	117.6	−29.1	74.848	113.5	−23.3	97.175	97.5	11.2
29.470	74.6	58.2	52.750	93.8	17.3	75.473	111.6	−17.3	97.790	104.2	−7.2
30.126	57.9	82.7	53.388	79.3	43.4	76.098	99.5	6.4	98.406	107.6	−12.0
30.781	85.8	29.7	54.025	88.3	25.5	76.723	91.5	21.1	99.021	106.5	−11.4
31.435	129.8	−58.2	54.663	105.7	−10.9	77.347	91.6	19.2	99.636	100.7	3.1
32.089	143.8	−77.2	55.299	122.4	−40.1	78.071	101.7	−2.6	100.251	96.4	11.7
32.743	114.6	−27.1	55.936	117.6	−28.6	78.695	111.4	−18.5	100.864	96.6	12.8
33.396	76.3	53.6	56.571	98.7	10.1	79.218	111.5	−17.2	101.479	100.5	−0.9
34.049	62.1	75.6	57.206	81.7	38.4	79.840	103.4	−4.3	102.093	107.5	−10.2
34.701	92.3	21.0	57.841	84.4	30.2	80.463	93.4	16.1	102.708	107.3	−10.2
35.353	124.6	−44.2	58.476	102.9	−3.9	81.086	92.2	18.3	103.322	103.3	−3.8
36.004	139.7	−71.2	59.110	119.6	−34.6	81.708	98.5	3.9	103.936	98.5	8.9
36.654	114.6	−18.4	59.743	117.7	−30.4	82.329	108.4	−14.1	104.550	96.6	10.4
37.303	80.2	40.1	60.376	100.5	5.5	82.951	111.5	−18.2	105.163	99.2	3.2
37.952	66.3	67.5	61.011	85.8	30.3	83.572	105.7	−7.0	105.777	103.7	−5.5
38.601	84.5	24.4	61.643	85.3	30.5	84.193	97.6	12.0	106.390	106.6	−10.0
39.249	121.6	−40.5	62.275	102.5	0.0	84.814	92.4	18.2	107.004	104.5	−5.0
39.896	135.6	−64.3	62.906	115.5	−27.4	85.435	97.0	7.4	107.615	100.5	2.9
40.543	115.7	−25.3	63.538	116.7	−28.2	86.055	105.5	−7.8	108.228	97.5	8.7
41.189	82.6	42.5	64.170	104.5	−5.4	86.675	110.0	−16.4	108.841	98.3	6.3
41.835	69.6	61.5	64.801	89.4	24.5	87.295	107.6	−9.9	109.453	101.8	−1.0

Ad. Maxima und Minima der Curven C_5 L_2.

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
1	161.77	−114.20	13	132.36	−58.25	25	117.53	−29.33	37	109.63	−14.82
2	46.09	108.68	14	73.24	55.38	26	87.42	28.33	38	94.55	14.60
3	154.77	−102.25	15	129.08	−51.96	27	115.79	−26.31	39	108.85	−13.21
4	51.95	96.66	16	76.43	49.33	28	88.89	25.35	40	95.28	13.09
5	149.54	−91.25	17	126.00	−46.39	29	114.92	−23.46	41	108.32	−11.83
6	57.24	86.68	18	79.27	44.21	30	90.46	22.56	42	95.99	11.81
7	144.59	−81.31	19	123.56	−41.37	31	112.97	−21.08	43	107.65	−10.46
8	62.10	77.35	20	81.56	39.48	32	91.61	20.14	44	96.59	10.40
9	139.84	−72.64	21	121.38	−37.01	33	111.77	−18.93	45	107.24	−9.19
10	66.28	69.29	22	83.73	35.38	34	92.67	18.23	46	97.47	9.16
11	135.78	−65.03	23	119.34	−33.15	35	110.76	−16.88			
12	70.03	61.83	24	85.71	31.65	36	93.65	16.34			

Ae. Die Curven C_5 L_1.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	90.0	26.2	29.033	82.4	37.4	39.033	104.5	−4.0	48.913	105.5	−7.0
19.346	131.4	−54.5	29.470	89.4	25.6	39.464	96.4	11.8	49.339	105.5	−6.9
19.789	138.9	−72.3	29.907	107.6	−6.1	39.896	93.5	16.3	49.767	101.5	2.0
20.232	108.7	−18.8	30.344	119.0	−33.2	40.328	98.7	6.4	50.194	98.6	6.6
20.675	78.2	42.3	30.781	112.5	−26.4	40.759	105.8	−6.3	50.620	98.5	6.9
21.118	67.1	69.2	31.217	96.6	7.8	41.190	109.2	−14.9	51.047	101.6	0.8
21.560	93.5	21.2	31.653	86.6	28.4	41.621	105.5	−8.3	51.473	104.5	−4.3
22.001	124.8	−34.9	32.090	88.2	27.9	42.052	97.9	7.7	51.899	104.6	−5.9
22.443	132.1	−59.2	32.525	106.5	−3.8	42.482	94.7	14.0	52.324	102.5	−1.7
22.884	113.3	−27.1	32.961	115.6	−25.0	42.913	98.3	9.9	52.750	99.4	4.7
23.325	87.4	21.4	33.397	113.7	−23.0	43.342	105.5	−6.2	53.175	98.7	6.1
23.765	74.2	56.4	33.832	101.3	0.3	43.772	108.2	−12.0	53.600	100.9	3.1
24.206	89.1	26.4	34.267	90.7	21.0	44.202	105.3	−6.8	54.025	103.6	−3.8
24.645	119.7	−27.8	34.701	92.2	22.1	44.630	99.6	4.0	54.450	104.5	−5.1
25.085	127.6	−50.4	35.136	102.1	0.5	45.060	96.4	11.1	54.874	102.6	−1.3
25.524	114.0	−28.9	35.570	112.5	−19.1	45.489	98.3	7.3	55.299	100.5	2.8
25.964	86.4	17.3	36.004	112.2	−20.9	45.917	103.5	−3.2	55.724	99.0	5.1
26.403	78.2	45.3	36.437	103.2	−5.4	46.346	107.3	−9.5	56.147	100.7	2.7
26.842	89.5	23.2	36.871	93.3	16.2	46.775	105.4	−7.0	56.571	102.6	−1.2
27.280	110.7	−15.1	37.304	92.4	19.9	47.203	101.5	0.5	56.995	104.2	−5.2
27.819	123.3	−41.0	37.737	100.9	2.3	47.631	97.4	8.6			
28.157	111.5	−26.9	38.168	108.5	−13.3	48.058	98.0	6.8			
28.595	94.8	13.7	38.601	111.3	−18.1	48.486	101.8	−2.1			

Ae. Maxima und Minima der Curven C_5 L_1.

N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'	N:o.	q	q'
1	141.10	−75.95	8	82.39	37.63	15	111.33	−18.10	22	97.33	9.30
2	66.31	68.69	9	119.00	−33.35	16	93.37	16.94	23	106.14	−8.04
3	133.87	−61.92	10	86.41	30.74	17	109.25	−14.78	24	97.99	7.75
4	73.11	55.22	11	115.86	−27.18	18	94.45	13.96	25	105.27	−6.50
5	128.34	−50.33	12	88.79	25.18	19	108.18	−12.07	26	98.57	6.22
6	78.17	45.74	13	113.37	−22.12	20	96.39	11.31	27	104.50	−5.13
7	123.39	−41.20	14	91.43	20.94	21	107.21	−9.79	28	98.90	5.10

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B.

Bezeichnung.	Charakter der Curve.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_5 L_4$	Lad. Curve	0.5933	2.0229	3075.7	1 Acc.	511.2	196.40	1100	23°.0
$C_5 L_4$ № 12	Entlad. Curve	0.5933	2.0229	3075.7	1 Acc.	511.2	196.50	1100	23°.0
$C_3 L_4$	Lad. Curve	0.5933	1.0119	3076.7	1 Acc.	511.4	197.97	3500	24°.7
$C_3 L_4$ № 15	Entlad. Curve	0.5933	1.0119	3076.7	1 Acc.	511.4	198.16	3500	24°.6
$C_2 L_4$	Lad. Curve	0.5933	0.5071	3076.7	2 Acc.	511.4	199.69	3500	24°.4
$C_2 L_4$ № 17	Entlad. Curve	0.5933	0.5071	3076.7	2 Acc.	511.4	199.94	3500	24°.3
$C_5 L_2$	Lad. Curve	0.1926	2.0229	3074.6	1 Acc.	511.3	196.60	1100	23°.4
$C_5 L_2$ № 10	Entlad. Curve	0.1926	2.0229	3074.6	1 Acc.	511.3	196.62	1100	23°.3
$C_5 L_1$	Lad. Curve	0.08875	2.0229	3074.7	1 Acc.	511.4	196.42	1100	24°.3
$C_5 L_1$ № 9	Entlad. Curve	0.08875	2.0229	3074.7	1 Acc.	511.4	196.60	1100	24°.4

Ba. Die Curven C_5 L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	23.0	173.6	29.470	164.4	31.6	39.896	189.9	6.7	65.432	195.5	1.0
20.232	56.9	140.7	30.781	170.3	26.1	41.189	191.1	5.4	71.717	195.6	1.0
21.560	84.3	112.1	32.089	175.3	21.2	42.481	191.9	4.7	78.073	195.6	1.0
22.887	105.6	92.5	33.396	179.3	17.2	43.772	192.5	4.0	84.193	195.6	0.9
24.205	122.9	74.0	34.701	182.4	14.0	45.060	193.2	3.3	90.388	195.7	0.9
25.524	136.2	59.7	36.004	184.7	11.7	46.364	193.6	3.0	96.564	195.7	0.9
26.842	148.3	48.4	37.303	187.1	9.4	52.750	194.6	1.8	157.489	195.8	0.75
28.157	157.3	38.8	38.601	188.4	8.0	59.110	195.2	1.2	218.655	195.9	0.6

Bb. Die Curven C_3 L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	19.9	176.8	24.865	173.6	24.0	30.781	193.6	4.8	36.654	196.3	2.2
19.900	71.3	127.9	25.854	179.6	17.7	31.762	194.7	3.9	46.346	196.5	1.8
20.896	106.1	93.1	26.842	184.8	13.1	32.743	195.1	3.2	55.936	196.7	1.6
21.891	132.8	66.8	27.828	187.9	10.3	33.723	195.4	2.8	65.432	196.8	1.5
22.883	151.1	48.0	28.814	190.6	7.9	34.701	195.7	2.4	142.326	197.1	1.1
23.873	164.6	33.7	29.798	192.1	6.1	35.678	196.0	2.3	218.655	197.5	1.0

Bc. Die Curven C_2' L_4.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	19.0	183.5	22.222	181.2	18.0	25.524	196.7	4.0	65.432	198.6	1.5
19.567	87.1	114.2	22.883	187.8	12.0	26.183	197.2	3.4	96.564	198.8	1.2
20.232	129.3	72.1	23.544	192.4	9.6	26.842	197.4	2.9	157.489	198.85	1.05
20.896	154.9	47.3	24.205	194.6	8.0	30.126	197.7	2.0	218.655	198.95	1.0
21.560	173.4	27.6	24.865	195.7	5.8	33.397	198.0	1.9			

Bd. Die Curven C_5 L_2.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	24.2	172.3	25.524	135.8	60.4	32.089	174.6	22.3	59.110	195.4	1.4
19.567	41.4	155.1	26.183	142.6	54.6	32.743	176.6	20.0	62.275	195.5	1.2
20.232	57.1	138.0	26.842	147.1	48.9	33.396	178.5	18.2	65.432	195.5	1.1
20.896	71.6	126.9	27.500	152.4	44.3	36.664	185.5	11.2	96.564	196.0	1.0
21.560	83.9	112.3	28.157	156.4	40.2	39.896	189.4	7.0	127.143	196.3	0.95
22.222	94.7	102.6	28.814	160.2	36.1	43.127	192.0	4.8	157.489	196.3	0.95
22.883	104.8	92.7	29.470	163.9	33.2	46.346	193.4	3.2	187.893	196.4	0.9
23.544	114.1	81.7	30.126	167.2	29.4	49.553	194.4	2.5	218.655	196.4	0.85
24.205	121.9	74.6	30.781	169.9	27.1	52.750	195.1	2.0			
24.865	129.9	66.5	31.435	172.4	24.3	52.936	195.4	1.7			

Be. Die Curven C_5 L_1.

t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'	t	q	q'
18.902	24.5	172.0	22.884	104.8	91.8	26.842	147.1	49.4	36.654	185.4	11.3
19.346	37.5	159.2	23.325	110.9	86.1	27.938	155.1	41.4	37.735	187.3	9.8
19.789	49.4	149.0	23.765	116.8	79.6	29.033	161.5	35.6	38.817	188.5	8.3
20.232	58.3	138.8	24.206	122.1	74.8	30.125	167.1	29.6	44.202	192.4	4.2
20.675	66.5	130.0	24.645	127.6	69.3	31.216	171.3	25.2	54.874	194.9	1.8
21.118	75.4	121.9	25.085	131.8	64.6	32.307	175.3	21.3	106.799	195.7	1.0
21.560	84.6	112.5	25.524	135.8	60.2	33.396	178.4	18.2	157.489	196.1	0.9
22.001	91.1	105.8	25.964	140.0	56.4	34.484	181.2	15.5	208.343	196.3	0.8
22.443	97.7	97.6	26.403	143.9	52.5	35.570	183.3	13.2			

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Entladungscurven).

Bezeichnung.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_5 L_4$ № 1	Findet sich in der Tabelle A a.							
$C_5 L_4$ № 2	0.5933	2.0229	67.05	1 Acc.	511.1	200.95	1100	21°.8
$C_5 L_4$ № 3	0.5933	2.0229	184.48	1 Acc.	511.2	200.66	1100	23°.0
$C_5 L_4$ № 4	0.5933	2.0229	303.19	1 Acc.	511.3	200.73	1100	23°.4
$C_5 L_4$ № 5	0.5933	2.0229	490.35	1 Acc.	511.2	200.51	1100	22°.6
$C_5 L_4$ № 6	0.5933	2.0229	650.03	1 Acc.	511.1	197.20	1100	21°.8
$C_5 L_4$ № 7	0.5933	2.0229	812.51	1 Acc.	511.1	196.48	1100	22°.1
$C_5 L_4$ № 8	0.5933	2.0229	971.64	1 Acc.	511.2	196.55	1100	22°.3
$C_5 L_4$ № 9	0.5933	2.0229	1035.2	1 Acc.	511.2	196.49	1100	22°.6
$C_5 L_4$ № 10	0.5933	2.0229	1093.8	1 Acc.	511.2	196.45	1100	22°.8
$C_5 L_4$ № 11	0.5933	2.0229	1133.8	1 Acc.	511.2	196.45	1100	22°.5
$C_5 L_4$ № 12	Findet sich in der Tabelle B a.							

Ca. Die Curve C_5 L_4 N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	49.9	33.396	−15.1	47.631	−16.6	61.643	−7.9	75.473	−3.1	89.152	−1.0
20.232	−136.9	34.701	−66.3	48.913	−26.0	62.907	−9.2	76.723	−3.2	90.388	−1.1
21.560	−135.1	36.004	−35.9	50.193	−4.2	64.170	0.5	78.071	0.6	91.624	0.3
22.887	15.2	37.303	34.2	51.473	18.9	65.432	8.9	79.217	3.9	92.860	1.8
24.205	129.3	38.601	52.5	52.750	18.0	66.692	6.7	80.463	3.0	94.095	1.7
25.524	78.6	39.896	7.1	54.025	−2.8	67.950	−1.9	81.708	−0.2	95.329	0.5
26.842	−57.9	41.189	−37.1	55.299	−16.2	69.207	−6.2	82.951	−2.2	96.560	−0.6
28.157	−111.3	42.481	−33.0	56.571	−9.2	70.463	−2.9	84.193	−1.0		
29.470	−2.9	43.772	7.7	57.841	7.5	71.717	4.0	85.435	1.9		
30.781	72.2	45.060	34.1	59.110	14.1	72.970	5.9	86.675	2.8		
32.089	70.3	46.346	16.8	60.377	3.9	74.221	2.0	87.914	1.1		

Ca. Maxima und Minima der Curve C_5 L_4 N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	−165.61	5	−66.43	9	−26.41	13	−10.79	17	−4.00	21	−1.53
2	132.99	6	53.82	10	21.95	14	9.06	18	3.93	22	2.00
3	−105.01	7	−42.23	11	−16.92	15	−6.75	19	−2.43		
4	84.64	8	34.27	12	14.12	16	6.01	20	2.83		

Cb. Die Curve C_5 L_4 N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	81.7	28.157	−34.9	37.303	2.0	46.346	2.2
20.232	−83.0	29.470	−17.0	38.601	7.0	47.631	0.9
21.560	−97.1	30.781	13.1	39.896	4.0	48.913	−0.5
22.887	−14.5	32.089	19.9	41.189	−1.5	50.193	−0.1
24.205	59.5	33.396	4.1	42.481	−2.9	51.473	1.0
25.524	47.9	34.701	−9.8	43.772	−0.3	52.750	1.2
26.842	−10.1	36.004	−8.1	45.060	2.2		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	−112.14	7	−2.90
2	64.14	8	2.83
3	−34.88	9	0.87
4	20.98		
5	−10.56		
6	7.04		

N:o 1.

Cc. Die Curve C_5 L_4 N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	101.9	24.205	24.0	29.470	−7.7	34.701	−0.2
20.232	−40.4	25.524	27.2	30.781	1.1	36.004	−1.1
21.560	−71.8	26.842	4.8	32.089	5.0	37.303	0.0
22.887	−23.8	28.157	−9.7	33.396	3.2	38.601	1.2

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
1	−75.10	4	5.17
2	30.18	5	−1.03
3	−10.83	6	1.47

Verlängerung der Curve C_5 L_4 N:o 4. $E = 5$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q	t	q	t	q
26.842	50.4	33.396	46.3	39.896	18.8	46.346	11.9
28.157	−142.9	34.701	−3.4	41.189	13.1	47.631	11.0
29.470	−112.5	36.004	−14.4	42.481	7.9	48.913	10.1
30.781	13.1	37.303	−1.0	43.772	7.9	50.193	9.9
32.089	71.7	38.601	16.7	45.060	10.0	51.473	9.9

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
3	−51.89	7	6.20
4	71.73	8	11.78
5	−15.02	9	9.74
6	18.83		

Cd. Die Curve C_5 L_4 N:o 5.

t	q	t	q	Maxima und Minima.	
				№	q
18.902	119.9	26.842	5.4	1	−36.81
20.232	2.9	28.157	0.9	2	8.30
21.560	−36.5	29.470	−0.7	3	−0.77
22.887	−21.1	30.781	0.1		
24.205	0.7	32.089	1.0		
25.524	8.4	33.396	1.1		

Verlängerung. $E = 5$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q	Maxima und Minima.	
				№	q
24.205	11.2	32.089	12.3	2	118.85
25.524	118.4	33.396	16.0	3	−8.84
26.842	74.4	34.701	15.1	4	16.28
28.157	11.1	36.004	13.4	5	11.08
29.470	−8.7	37.303	12.2		
30.781	−2.0	38.601	12.4		

Ce. Die Curve C_5 L_4 N:o 6.

t	q	t	q	Maxima und Minima.	
				№	q
18.902	125.9	26.842	2.2	1	−16.26
20.232	31.9	28.157	1.4	2	2.33
21.560	−13.2	29.470	0.9	3	0.60
22.887	13.9	30.781	0.9		
24.205	−4.6	32.089	0.6		
25.524	1.1	33.396	0.7		

Verlängerung. $E = 5$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q	Maxima und Minima.	
				№	q
20.232	114.2	28.157	21.7	1	−192.49
21.560	−167.2	29.470	13.9	2	31.89
22.887	−165.5	30.781	11.1	3	10.85
24.205	−49.9	32.089	11.2	4	12.06
25.524	18.2	33.396	11.9		
26.842	31.2	34.701	12.1		

Cf. Die Curve C_5 L_4 N:o 7. Verlängerung. $E = 7$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q	Maximum und Min.	
				№	q
18.902	135.0	25.524	−0.8	1	−4.0
20.232	49.2	26.842	0.8	2	1.0
21.560	5.7	28.157	1.0		
22.887	−4.0	29.470	1.0		
24.205	−3.0	30.781	0.9		

t	q	t	q	t	q
21.560	104.0	28.157	27.1	34.701	22.6
22.887	−77.5	29.470	25.3	36.004	22.7
24.205	−55.4	30.781	24.1	Max. und Min.	
25.524	−7.0	32.089	23.0	1	−83.22
26.842	20.9	33.396	22.4	2	27.13
				3	22.15

Cg. Die Curve C_5 L_4 N:o 8. Verlängerung. $E = 7$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q	t	q
18.902	141.1	25.524	0.6	32.089	0.9
20.232	62.6	26.842	0.8	33.396	0.8
21.560	21.1	28.157	0.8		
22.887	6.0	29.470	0.9		
24.205	1.2	30.781	0.9		

t	q	t	q	t	q
22.887	130.4	29.470	25.2	36.004	24.3
24.205	35.5	30.781	25.8	37.303	24.2
25.524	21.0	32.089	24.6	Max. und Min.	
26.842	22.1	34.396	24.5	1	20.04
28.157	23.9	34.701	24.3	2	25.62

Ch. Die Curve C_5 L_4 N:o 9. Verlängerung. $E = 7$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q
18.902	142.9	22.887	79.7
20.232	68.4	24.205	39.3
21.560	27.5	25.524	28.0
22.887	10.1	26.842	25.6
24.205	3.9	28.157	24.6
25.524	1.8	29.470	24.3
26.842	1.1	30.781	24.3
28.157	1.0	32.089	24.6
29.470	0.9	33.396	24.6
30.781	0.9	34.701	23.4
32.089	0.95	36.004	23.3
33.396	0.95	37.303	23.3

Ci. Die Curve C_5 L_4 N:o 10. Verlängerung. $E = 7$ Acc. $W_n = 9500$ Ω.

t	q	t	q
18.902	145.2	24.205	124.8
20.232	73.7	25.524	65.2
21.560	31.3	26.842	40.4
22.887	13.8	28.157	31.9
24.205	6.0	29.470	28.4
25.524	3.0	30.781	27.2
26.842	1.8	32.089	26.5
28.157	1.2	33.396	26.4
29.470	1.0	34.701	26.1
30.781	1.0	36.004	25.6
32.089	0.95	37.303	25.6
33.396	0.95	38.601	25.5

Cj. Die Curve C_5 L_4 N:o 11.

t	q
18.902	146.1
20.232	121.5
21.560	77.4
22.887	35.0
24.205	16.1
25.524	7.2
26.842	3.5
28.157	2.0
29.470	1.3
30.781	1.1
32.089	1.0
33.396	1.0

N:o 1.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Entladungscurven).

Bezeichnung der Curve.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_3 L_4$ № 1	Findet sich in der Tabelle Ab.							
$C_3 L_4$ № 2	0.5933	1.0119	67.07	1 Acc.	511.2	198.11	3500	22°.4
$C_3 L_4$ № 3	0.5933	1.0119	184.49	1 Acc.	511.2	198.13	3500	23°.2
$C_3 L_4$ № 4	0.5933	1.0119	303.27	1 Acc.	511.4	198.20	3500	24°.3
$C_3 L_4$ № 5	0.5933	1.0119	490.59	1 Acc.	511.4	198.31	3500	24°.4
$C_3 L_4$ № 6	0.5933	1.0119	650.09	1 Acc.	511.1	198.14	3500	22°.2
$C_3 L_4$ № 7	0.5933	1.0119	812.56	1 Acc.	511.2	197.94	3500	22°.3
$C_3 L_4$ № 8	0.5933	1.0119	971.73	1 Acc.	511.2	198.08	3500	22°.7
$C_3 L_4$ № 9	0.5933	1.0119	1134.0	1 Acc.	511.2	197.99	3500	22°.9
$C_3 L_4$ № 10	0.5933	1.0119	1294.0	1 Acc.	511.2	197.92	3500	23°.1
$C_3 L_4$ № 11	0.5933	1.0119	1416.3	1 Acc.	511.3	197.98	3500	23°.8
$C_3 L_4$ № 12	0.5933	1.0119	1456.4	1 Acc.	511.3	197.98	3500	23°.4
$C_3 L_4$ № 13	0.5933	1.0119	1475.4	1 Acc.	511.4	198.09	3500	24°.1
$C_3 L_4$ № 14	0.5933	1.0119	1534.6	1 Acc.	511.4	198.13	3500	24°.4
$C_3 L_4$ № 15	Findet sich in der Tabelle Bb.							

Da. Die Curve $C_3 L_4$ N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	70.1	29.798	−99.0	40.543	−43.1	51.153	8.1	61.643	11.0	72.030	4.3
19.900	−200.3	30.781	−81.6	41.513	18.9	52.112	22.8	62.591	6.1	72.970	−1.8
20.899	−180.7	31.762	39.5	42.481	46.8	53.069	6.3	63.538	−5.4	73.908	−4.0
21.891	58.7	32.743	94.1	43.450	13.9	54.025	−15.9	64.485	−7.9	74.847	−1.0
22.883	196.6	33.723	12.5	44.417	−33.1	54.981	4.7	65.432	0.7	75.786	3.1
23.873	37.6	34.701	−72.6	45.382	−26.9	55.936	16.0	66.377	7.5	76.723	3.8
24.865	−146.3	35.678	−56.7	46.346	13.4	56.889	7.0	67.321	5.0	77.759	0.0
25.854	−114.2	36.654	33.8	47.310	32.7	57.841	8.8	68.265	−2.0	78.594	−2.7
26.842	58.8	37.628	67.1	48.272	9.7	58.793	−8.8	69.207	−6.0		
27.828	136.7	38.601	22.0	49.233	−21.9	59.744	−10.5	70.151	−0.6		
28.814	28.5	39.572	−45.9	50.194	−20.2	60.693	0.4	71.090	4.9		

Da. Maxima und Minima der Curve C_3 L_4 N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	−237.70	5	−114.14	9	−54.67	13	−26.29	17	−12.54	21	−5.90
2	198.17	6	96.15	10	46.89	14	23.03	18	11.33	22	5.83
3	−164.86	7	−79.18	11	−37.86	15	−18.13	19	−8.67	23	−3.93
4	137.99	8	66.98	12	32.87	16	16.18	20	8.00	24	4.07

Db. * Die Curve C_3 L_4 N:o 3 [1]).

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	93.5	25.854	−59.2	32.743	21.0	39.572	−2.8	46.346	0.3	53.069	1.1
19.900	−140.5	26.842	11.0	33.723	9.0	40.543	−4.9	47.310	2.1	54.025	0.6
20.896	−131.4	27.828	48.3	34.701	−9.3	41.513	0.0	48.272	1.8	54.981	0.1
21.891	22.8	28.814	20.2	35.678	−10.9	42.481	4.2	49.233	0.0	55.936	0.4
22.883	113.2	29.798	−21.9	36.654	1.0	43.450	2.8	50.194	−0.3		
23.873	35.5	30 781	−25.0	37.628	9.1	44.417	−0.9	51.153	0.3		
24.865	−58.7	31.762	2.8	38.601	5.6	45.382	−1.9	52.112	1.1		

Db. Maxima und Minima der Curve C_3 L_4 N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	−171.17	3	−72.52	5	−30.50	7	−12.60	9	−5.00	11	−1.97
2	113.03	4	48.54	6	21.02	8	9.20	10	4.23	12	2.10

Dc. * Die Curve C_3 L_4 N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	107.1	23.873	31.0	28.814	11.0	33.723	3.7	38.601	1.9	43.450	1.1
19.900	−93.2	24.865	−23.9	29.798	−2.2	34.701	0.2	39.572	0.9	44.417	0.9
20.896	−106.6	25.854	−27.8	30.781	−7.0	35.678	−1.1	40.543	0.4	45.382	0.8
21.891	3.9	26.842	−1.2	31.762	−1.0	36.654	0.0	41.513	0.8	46.346	0.8
22.883	64.1	27.828	16.5	32.743	4.9	37.628	1.8	42.481	1.1		

[1]) Das Zeichen * giebt an, dass auch eine Verlängerung der Curve aufgenommen worden ist, obgleich sie nicht in den Tabellen angeführt wird, um Raum zu sparen.

Dc. *Maxima und Minima der Curve C_3 L_4 N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	125.34	3	−31.12	5	−7.13	7	−1.10	9	0.00
2	64.21	4	19.28	6	5.10	8	2.00		

Dd. *Die Curve C_3 L_4 N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	124.7	23.873	20.0	28.814	3.8	33.723	1.2
19.900	−40.8	24.865	0.0	29.798	1.8	34.701	1.1
20.896	−72.7	25.854	−7.5	30.781	−0.1	35.678	0.9
21.891	−18.5	26.842	−3.0	31.762	0.2		
22.883	24.0	27.828	2.7	32.743	1.0		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	−76.54	5	0.03
2	27.10	6	1.43
3	−7.76		
4	4.00		

De. *Die Curve C_3 L_4 N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	129.7	22.883	7.8	26.842	−0.9	30.781	1.2
19.900	−8.8	23.873	11.1	27.828	1.0	31.762	1.2
20.896	−47.1	24.865	3.7	28.814	1.9		
21.891	−20.0	25.854	−0.9	29.798	1.8		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	48.20	4	1.87
2	12.17	5	1.03
3	−1.20		

Df. *Die Curve C_3 L_4 N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	135.2	21.891	−17.9	24.865	3.4	27.827	0.9	30.781	1.3
19.900	10.8	22.883	−0.6	25.854	1.5	28.814	1.1	31.762	1.2
20.896	−27.9	23.873	5.3	26.842	0.7	29.798	1.3		

Max. und Min.

№	q
1	−27.90
2	5.37
3	0.73

Dg. * Die Curve C_3 L_4 N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	147.0	20.896	−11.6	22.883	−2.9	24.865	2.6	26.842	1.3
19.900	33.2	21.891	−12.1	23.873	2.0	25.854	1.9	27.828	1.1

Max. und Min.

№	q
1	−14.40
2	2.63

Dh. * Die Curve C_3 L_4 N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	149.5	22.883	−2.3	26.842	1.5
19.900	49.9	23.873	0.7	27.828	1.3
20.896	4.2	24.865	1.7	Max. und Min.	
21.891	−5.1	25.854	1.7	1	−5.17
				2	1.70

Di. * Die Curve C_3 L_4 N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	154.8	22.883	−0.2	26.842	1.4
19.900	63.1	23.873	0.6	27.828	1.3
20.896	15.3	24.865	1.1	28.814	1.3
21.891	2.0	25.854	1.3		

Dj. * Die Curve C_3 L_4 N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.902	160.6	22.883	2.8	26.842	1.7
19.900	71.3	23.873	1.7	27.828	1.6
20.896	25.8	24.865	1.4	28.814	1.4
21.891	7.3	25.854	1.5		

Dk. * Die Curve C_3 L_4 N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.902	161.9	22.883	3.4	26.842	1.6
19.900	73.8	23.873	1.9	27.828	1.6
20.896	27.8	24.865	1.7	28.814	1.6
21.891	9.8	25.854	1.5		

Dl. * Die Curve C_3 L_4 N:o 13.

t	q	t	q	t	q
18.902	161.9	23.873	2.1	28.814	1.7
19.900	76.9	24.865	1.8	29.798	1.6
20.896	28.0	25.854	1.7	30.781	1.6
21.891	10.0	26.842	1.6	31.762	1.5
22.883	4.0	27.828	1.5	32.743	1.4

Dm. * Die Curve C_3 L_4 N:o 14.

t	q	t	q	t	q
18.902	161.9	23.873	2.9	28.814	1.7
19.900	77.7	24.865	2.1	29.798	1.7
20.896	33.1	25.854	1.9	30.781	1.6
21.891	13.2	26.842	1.8	31.762	1.6
22.883	5.7	27.828	1.8	32.743	1.5

Verzeichniss der Curven der Abtheilung E. (Entladungscurven).

Bezeichnung der Curve.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm	Mittl. ϑ.
$C_2 L_4$ № 1	Findet sich in der Tabelle Ac.							
$C_2 L_4$ № 2	0.5933	0.5071	67.07	1 Acc.	511.2	99.58	3500	22°.4
$C_2 L_4$ № 3	0.5933	0.5071	184.48	1 Acc.	511.2	99.46	3500	23°.0
$C_2 L_4$ № 4	0.5933	0.5071	303.27	1 Acc.	511.4	99.44	3500	24°.3
$C_2 L_4$ № 5	0.5933	0.5071	490.50	1 Acc.	511.3	99.53	3500	23°.7
$C_2 L_4$ № 6	0.5933	0.5071	650.22	1 Acc.	511.2	99.48	3500	23°.0
$C_2 L_4$ № 7	0.5933	0.5071	811.36	1 Acc.	511.2	99.43	3500	23°.0
$C_2 L_4$ № 8	0.5933	0.5071	971.56	1 Acc.	511.1	99.25	3500	22°.0
$C_2 L_4$ № 9	0.5933	0.5071	1133.8	1 Acc.	511.2	99.21	3500	22°.4
$C_2 L_4$ № 10	0.5933	0.5071	1294.0	1 Acc.	511.2	99.21	3500	22°.7
$C_2 L_4$ № 11	0.5933	0.5071	1456.3	1 Acc.	511.2	99.25	3500	23°.1
$C_2 L_4$ № 12	0.5933	0.5071	1618.1	1 Acc.	511.3	99.28	3500	23°.3
$C_2 L_4$ № 13	0.5933	0.5071	1779.9	1 Acc.	511.3	99.23	3500	23°.6
$C_2 L_4$ № 14	0.5933	0.5071	1942.1	1 Acc.	511.3	99.27	3500	23°.9
$C_2 L_4$ № 15	0.5933	0.5071	2005.9	1 Acc.	511.4	99.27	3500	24°.2
$C_2 L_4$ № 16	0.5933	0.5071	2064.4	1 Acc.	511.4	99.23	3500	24°.2
$C_2 L_4$ № 17	Findet sich in der Tabelle Bc.							

Ea. Die Curve $C_2 L_4$ N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	40.4	26.842	−89.6	34.701	1.6	42.481	22.0	50.193	2.1	57.842	−4.9
19.567	−148.3	27.500	−30.9	35.353	37.2	43.127	7.8	50.833	−8.8	58.476	−3.0
20.232	−131.0	28.157	51.3	36.004	31.0	43.772	−11.1	51.473	−7.2	59.110	2.8
20.896	21.8	28.814	73.3	36.654	−14.6	44.417	−16.1	52.112	2.4	59.743	4.9
21.560	145.0	29.470	8.0	37.303	−34.5	45.060	−0.8	52.750	8.8	60.376	1.8
22.222	89.1	30.126	−63.6	37.952	−11.9	45.703	15.0	53.388	4.8	61.011	−2.3
22.883	−80.4	30.781	−46.5	38.601	18.9	46.346	11.0	54.025	−4.2	61.643	−3.0
23.544	−112.0	31.435	25.2	39.249	28.0	46.989	−3.5	54.663	−6.7	62.275	0.2
24.205	−20.0	32.089	56.2	39.896	1.3	47.631	−13.1	55.299	−1.1	62.906	3.4
24.865	98.2	32.743	21.8	40.543	−22.9	48.272	−6.2	55.936	5.8	63.539	2.4
25.524	87.1	33.396	−34.0	41.189	−16.0	48.913	8.0	56.571	5.4	64.170	−0.5
26.183	−27.9	34.049	−43.1	41.835	7.5	49.553	11.0	57.207	−1.0	64.801	−2.2

Ea. Maxima und Minima der Curve C_2 L_4 N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	− 169.72	6	77.22	11	−34.90	16	16.18	21	−6.83	26	3.50
2	144.90	7	−65.06	12	30.11	17	−12.97	22	6.60	27	−2.63
3	−123.25	8	56.28	13	−24.86	18	12.00	23	−4.87		
4	106.06	9	−47.47	14	−21.99	19	−9.21	24	5.00		
5	−89.76	10	41.19	15	−17.98	20	8.97	25	−3.67		

Eb. *Die Curve C_2 L_4 N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	54.0	23.544	−59.7	28.157	15.2	32.743	7.1	37.303	−4.0	41.835	0.1
19.567	−114.0	24.205	−14.8	28.814	24.6	33.396	−4.0	37.952	−2.2	42.481	2.1
20.232	−104.2	24.865	42.1	29.470	7.0	34.049	− 8.2	38.601	1.7	43.127	1.7
20.896	15.0	25.524	41.8	30.126	−14.3	34.701	−1.3	39.249	3.9	43.772	0.0
21.560	92.2	26.183	−5.3	30.781	−14.1	35.353	5.2	39.896	1.5	44.417	−0.7
22.222	60.3	26.842	−33.2	31.435	2.0	36.004	6.2	40.543	−1.3	45.060	−0.1
22.883	−34.9	27.500	−20.9	32.089	12.3	36.654	−0.3	41.189	−1.8		

Eb. Maxima und Minima der Curve C_2 L_4 N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	−127.77	4	48.07	7	−16.97	10	7.00	13	−1.90
2	92.98	5	−33.41	8	13.03	11	−4.17	14	2.17
3	−65.79	6	25.03	9	−8.52	12	3.90	15	− 0.73

Ec. *Die Curve C_2 L_4 N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	53.1	22.222	41.3	25.524	20.0	28.814	8.1	32.089	2.8	35.353	0.9
19.567	−73.9	22.883	−14.3	26.183	0.9	29.470	3.9	32.743	2.6	36.004	1.3
20.232	−82.2	23.544	−34.9	26.842	−11.2	30.126	−2.9	33.396	0.0	36.654	0.7
20.896	−1.8	24.205	−15.2	27.500	−8.5	30.781	− 4.0	34.049	−1.2	37.303	0.0
21.560	59.1	24.865	16.0	28.157	3.1	31.435	− 0.1	34.701	−0.6		

Ec. Maxima und Minima der Curve C_2 L_4 N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	−98.26	3	−35.20	5	−12.20	7	−4.03	9	−1.23
2	60.18	4	22.09	6	8.40	8	3.33	10	1.73

Ed. * Die Curve C_2 L_4 N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	61.1	22.222	27.0	25.524	7.0	28.814	1.8
19.567	−43.8	22.883	−1.4	26.183	3.0	29.470	1.6
20.232	−61.7	23.544	−13.3	26.842	−1.8	30.126	0.6
20.896	−14.4	24.205	−8.0	27.500	−2.0	30.781	0.0
21.560	28.3	24.865	3.7	28.157	0.0		

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
1	−67.24	5	−2.13
2	31.77	6	2.03
3	−13.24		
4	7.00		

Ee. * Die Curve C_2 L_4 N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	70.1	22.222	16.4	25.524	2.9	28.814	0.7
19.567	−28.6	22.883	4.1	26.183	2.1	29.470	0.9
20.232	−46.6	23.544	−5.0	26.842	0.6	30.126	0.7
20.896	−17.0	24.205	−4.4	27.500	−0.1		
21.560	13.9	24.865	0.1	28.157	0.1		

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
1	−48.33	5	−0.03
2	18.02		
3	−5.33		
4	2.87		

Ef. * Die Curve C_2 L_4 N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	69.0	21.560	6.0	24.205	−1.8	27.500	0.9
19.567	−12.0	22.222	10.0	24.865	−0.1	28.157	0.5
20.232	−34.5	22.883	4.3	25.524	1.1	28.814	0.5
20.896	−15.7	23.544	−1.0	26.183	1.2		

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
1	−34.65	4	1.27
2	10.10		
3	−1.83		

Eg. * Die Curve C_2 L_4 N:o 8. Max. und Min.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	77.9	20.896	—14.3	22.883	3.9	24.865	0.0	27.500	0.9
19.567	—4.5	21.560	1.0	23.544	0.8	25.524	0.8	28.157	0.7
20.232	—24.1	22.222	5.8	24.205	—0.3	26.183	1.0	28.814	0.8

№	q
1	—24.43
2	5.80
3	—0.27

Eh. * Die Curve C_2 L_4 N:o 9. Max. und Min.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	79.5	20.890	—12.0	22.883	2.8	24.865	0.4	27.500	0.8
19.567	11.0	21.560	—1.8	23.544	1.1	25.524	0.7		
20.232	—15.2	22.222	2.9	24.205	0.6	26.183	0.8		

№	q
1	—16.33
2	3.07
3	0.27

Ei. * Die Curve C_2 L_4 N:o 10. Max. und Min.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	83.0	20.232	—8.8	21.560	—2.8	22.883	1.9	24.205	0.9
19.567	18.9	20.890	—8.9	22.222	0.9	23.544	1.2	24.865	0.8

№	q
1	—10.55
2	1.87

Ej. * Die Curve C_2 L_4 N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.902	84.1	21.560	—2.3	24.205	0.9
19.567	24.2	22.222	0.0	24.865	0.8
20.232	—2.8	22.883	1.0	25.524	0.8
20.890	—5.8	23.544	1.1		

Ek. * Die Curve C_2 L_4 N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.902	85.2	21.560	—1.7	24.205	1.6
19.567	30.0	22.222	—0.2	24.865	0.9
20.232	3.6	22.883	0.9	25.524	0.85
20.890	—2.3	23.544	1.0	26.183	0.9

El. * Die Curve $C_2 L_4$ N:o 13.

t	q	t	q	t	q
18.902	84.9	21.560	−0.5	24.205	0.9
19.567	35.0	22.222	0.0	24.865	0.9
20.232	8.2	22.883	0.7		
20.890	0.9	23.544	0.9		

Em. * Die Curve $C_2 L_4$ N:o 14.

t	q	t	q	t	q
18.902	84.2	21.560	1.0	24.205	0.9
19.567	38.9	22.222	0.7	24.865	0.9
20.232	12.8	22.883	0.8		
20.890	4.0	23.544	0.9		

En. * Die Curve $C_2 L_4$ N:o 15.

t	q	t	q	t	q
18.902	84.8	21.560	1.7	24.205	1.0
19.567	40.1	22.222	1.1	24.865	1.0
20.232	14.7	22.883	1.0	25.524	1.0
20.890	5.0	23.544	0.95		

Eo. * Die Curve $C_2 L_4$ N:o 16.

t	q	t	q	t	q
18.901	87.1	21.560	2.2	24.205	0.9
19.567	42.1	22.222	1.2	24.865	0.9
20.232	16.7	22.883	0.9	25.524	0.9
20.890	6.0	23.544	0.85		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung F. (Entladungscurven).

Bezeichnung der Curve.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_5 L_2$ № 1	Findet sich in der Tabelle Ad.							
$C_5 L_2$ № 2	0.1926	2.0229	65.68	1 Acc.	511.4	196.53	1100	24°.0
$C_5 L_2$ № 3	0.1926	2.0229	124.15	1 Acc.	511.2	196.66	1100	22°.3
$C_5 L_2$ № 4	0.1926	2.0229	183.25	1 Acc.	511.6	196.69	1100	26°.8
$C_5 L_2$ № 5	0.1926	2.0229	242.18	1 Acc.	511.2	196.64	1100	22°.7
$C_5 L_2$ № 6	0.1926	2.0229	301.73	1 Acc.	511.2	196.56	1100	22°.9
$C_5 L_2$ № 7	0.1926	2.0229	488.97	1 Acc.	511.2	196.71	1100	22°.9
$C_5 L_2$ № 8	0.1926	2.0229	565.67	1 Acc.	511.2	196.56	1100	23°.1
$C_5 L_2$ № 9	0.1926	2.0229	648.73	1 Acc.	511.2	196.66	1100	22°.7
$C_5 L_2$ № 10	Findet sich in der Tabelle Bd.							

Fa. * Die Curve C_5 L_2 N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	57.6	23.544	—22.3	28.157	—18.1	32.743	—4.9	37.303	1.0	41.835	1 5
19.567	—49.1	24.205	—38.6	28.814	—11.1	33.396	2.8	37.952	3.0	42.481	1.3
20.232	—83.9	24.865	—14.2	29.470	4.9	34.049	6.0	38.601	2.4	43.127	0.3
20.896	—38.1	25.524	12.9	30.126	12.9	34.701	4.1	39.249	0.2	43.772	—0.4
21.560	38.1	26.183	27.3	30.781	8.1	35.353	—0 3	39.896	—1.4		
22 222	58.4	26.842	14.5	31.435	—3.2	36.004	—3.4	40.543	—1.0		
22.883	27.8	27.500	—7.7	32.089	—8.0	36.654	—2.2	41.189	0.6		

Fa. Maxima und Minima der Curve C_5 L_2 N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	—85.25	3	—39.23	5	—18.10	7	—8.22	9	—3.77	11	—1.67
2	58.43	4	27.26	6	12.92	8	6.09	10	3.00	12	1.63

Fb. * Die Curve C_5 L_2 N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	63.8	23.544	– 5.5	28.157	—3.2	32.743	—0.5
19.567	—28.2	24.205	—15.3	28.814	—2.8	33.396	0.1
20.232	—63.3	24.865	9.8	29.470	0.0	34.049	0.9
20.896	—36.3	25.524	1.9	30.126	2.1	34.701	1.0
21.560	17.1	26.183	8.0	30.781	2.1	35.353	0.7
22.222	32.2	26.842	6.1	31.435	0.7	36.004	0.3
22.883	19.8	27.500	0.3	32.089	—0.5	36.654	0.1

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	—63.53	6	2.33
2	32.23	7	—0.43
3	—15.26	8	1.00
4	8.32		
5	—3.37		

Fc. * Die Curve C_5 L_2 N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	75.3	22.222	16.2	25.524	—1.1	28.814	—0.4	32.089	0.2
19.567	—5.4	22.883	13.8	26.183	2.0	29.470	—0.1	32.743	0.2
20.232	—46.9	23.544	2.0	26.842	2.5	30.126	0.3	33.396	0.2
20.896	—30.2	24.205	—5.0	27.500	1.1	30.781	0.7		
21.560	2.8	24.865	—5.0	28.157	0.0	31.435	0.5		

Max. und Min.

№	q
1	—46.85
2	17.45
3	—5.43
4	2.73
5	—0.33

N:o 1.

Fd. * Die Curve C_5 L_2 N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	85.6	22.222	6.8	25.524	−0.9	28.814	0.5
19.567	6.1	22.883	8.1	26.183	0.5	29.470	0.4
20.232	−31.8	23.544	3.2	26.842	1.0	30.126	0.5
20.896	−26.1	24.205	−0.3	27.500	0.9		
21.560	−4.3	24.865	−1.6	28.157	0.7		

Max. und Min.

N	q
1	−32.51
2	8.98
3	1.57
4	1.00
5	0.40

Fe. * Die Curve C_5 L_2 N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	89.7	22.222	1.1	25.524	0.1	28.814	0.8
19.567	19.9	22.883	4.3	26.183	0.6	29.470	0.8
20.232	−18.6	23.544	2.9	26.843	0.8	30.126	0.7
20.896	−19.5	24.205	1.2	27.500	0.9		
21.560	−6.9	24.865	0.2	28.157	0.8		

Max. und Min.

N	q
1	−21.89
2	4.27
3	0.63
4	0.87

Ff. * Die Curve C_5 L_2 N:o 7.

t	q	t	q
18.902	112.9	23.544	0.8
19.567	53.4	24.205	0.9
20.232	13.5	24.865	1.0
20.896	1.5	25.524	0.9
21.560	−0.8	26.183	0.9
22.222	−1.1	27.500	0.9
22.883	0.0		

Fg. Die Curve C_5 L_2 N:o 8.

t	q	t	q
18.902	117.4	23.544	0.95
19.567	59.5	24.205	1.0
20.232	26.0	24.865	1.0
20.896	10.4	25.524	1.0
21.560	3.2	26.183	1.0
22.222	1.7	27.500	1.0
22.883	1.0	33.396	0.95

Fh. Die Curve C_5 L_2 N:o 9.

t	q	t	q
18.902	123.9	23.544	1.9
19.567	70.2	24.205	1.5
20.232	36.3	24.845	1.1
20.896	18.7	25.524	1.0
21.560	8.9	26.183	1.0
22.222	5.0	27.500	1.0
22.883	2.9	33.396	0.9

Verzeichniss der Curven der Abtheilung G. (Entladungscurven).

Bezeichnung.	L in Henry.	C in Mikrof.	W in Ohm.	$E.$	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
$C_5 L_1$ № 1	Findet sich in der Tabelle Ae.							
$C_5 L_1$ № 2	0.08875	2.0229	65.09	1 Acc.	511.2	196.55	1100	22°.8
$C_5 L_1$ № 3	0.08875	2.0229	123.61	1 Acc.	511.3	196.50	1100	23°.1
$C_5 L_1$ № 4	0.08875	2.0229	182.55	1 Acc.	511.4	196.51	1100	24°.1
$C_5 L_1$ № 5	0.08875	2.0229	241.50	1 Acc.	511.4	196.50	1100	24°.1
$C_5 L_1$ № 6	0.08875	2.0229	301.26	1 Acc.	511.4	196.57	1100	24°.2
$C_5 L_1$ № 7	0.08875	2.0229	388.69	1 Acc.	511.4	196.60	1100	24°.3
$C_5 L_1$ № 8	0.08875	2.0229	447.22	1 Acc.	511.4	196.57	1100	24°.3
$C_5 L_1$ № 9	Findet sich in der Tabelle Be.							

Ga. * Die Curve C_5 L_1 N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	44.1	21.560	16.1	24.206	7.7	26.842	3.0
19.346	—30.7	22.001	—2.2	24.645	1.0	27.280	1.8
19.789	—50.9	22.443	—15.0	25.085	—3.7	27.819	—0.7
20.232	—26.9	22.884	—11.0	25.524	—3.9	28.157	—1.0
20.675	8.9	23.325	0.9	25.964	0.0	28.595	0.0
21.118	28.4	23.765	9.1	26.403	2.9	29.033	1.1

Maxima und Minima.			
№	q	№	q
1	—51.16	6	3.07
2	29.07	7	—1.00
3	—15.12	8	1.23
4	9.16		
5	—4.43		

Gb. * Die Curve C_5 L_1 N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	50.8	21.118	10.9	23.325	—1.7	25.524	0.2
19.346	—12.8	21.560	10.0	23.765	1.0	25.964	0.1
19.789	—33.4	22.001	4.7	24.206	1.9	26.403	0.6
20.232	—24.1	22.443	—2.4	24.645	1.4	26.842	0.8
20.675	—4.3	22.884	—3.2	25.085	0.8		

Max. und Min.

N	q
1	—33.38
2	12.15
3	—3.30
4	1.97
5	0.00

Gc. * Die Curve $C_5\ L_1$ N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.902	72.2	22.001	3.2	25.085	0.9
19.346	10.9	22.443	1.1	25.524	0.8
19.789	—17.3	22.884	0.0	Max. und Min.	
20.232	—17.9	23.325	0.0	№	q
20.675	—7.9	23.765	0.5	1	—20.11
21.118	1.7	24.206	0.8	2	4.87
21.560	4.9	24.645	0.9	3	—0.17

Gd. * Die Curve $C_5\ L_1$ N:o 5.

t	q	t	q	Max. und Min.	
18.902	78.6	22.001	1.9	№	q
19.346	24.1	22.443	1.4		
19.789	—4.7	22.884	1.0	1	—10.16
20.232	—10.2	23.325	0.8	2	1.87
20.675	—6.2	23.765	0.8	3	0.73
21.118	—1.6	24.206	0.8		
21.560	1.4	24.645	0.8		

Ge. * Die Curve $C_5 L_1$ N:o 6.

t	q	t	q
18.902	87.7	22.001	0.8
19.346	34.9	22.443	1.0
19.789	8.9	22.884	0.9
20.232	2.5	23.325	0.8
20.675	3.2	23.765	0.8
21.118	— 1.8	24.206	0.8
21.560	0.0	24.645	0.8

Gf. * Die Curve $C_5 L_1$ N:o 7.

t	q	t	q
18.902	94.6	22.001	0.9
19.346	51.1	22.443	0.95
19.789	25.0	22.884	0.95
20.232	8.9	23.325	1.0
20.675	3.9	23.765	1.0
21.118	1.7	24.206	0.95
21.560	1.0	24.645	1.0

Gg. * Die Curve $C_5 L_1$ N:o 8.

t	q	t	q
18.902	101.8	22.001	2.0
19.346	59.4	22.443	1.5
19.789	31.3	22.884	1.2
20.232	16.1	23.325	1.05
20.675	8.4	23.765	1.0
21.118	5.3	24.206	1.0
21.560	2.9	24.645	0.95

II.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Entladungscurven).

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1	10091.6	2.97	0.60	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.2
Aa № 2	10091.8	2.97	64.06	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.3
Ab № 1	7005.1	2.96	0.60	1 Acc.	511.0	157.65	2000	21°.0
Ab № 2	7005.9	2.97	64.07	1 Acc.	511.1	157.39	2000	21°.7
Ab № 3	7005.5	2.96	181.38	1 Acc.	511.0	157.43	2000	21°.4
Ab № 4	7005.2	2.96	299.93	1 Acc.	511.0	157.33	2000	21°.1
Ab № 5	7005.1	2.96	487.03	1 Acc.	511.0	157.29	2000	21°.0
Ab № 6	7005.1	2.96	809.04	1 Acc.	511.0	157.36	2000	21°.0
Ab № 7	7005.3	2.96	1130.1	1 Acc.	511.0	157.31	2000	21°.2
Ab № 8	7005.5	2.96	1452.2	1 Acc.	511.0	157.35	2000	21°.4
Ab № 9	7005.6	2.96	1574.1	1 Acc.	511.1	157.31	2000	21°.5
Ab № 10	7005.7	2.96	1633.0	1 Acc.	511.1	157.31	2000	21°.6
Ab № 11	7005.5	2.96	2598.7	1 Acc.	511.0	157.48	2000	21°.4
Ac № 1	5246.0	2.96	0.60	1 Acc.	511.0	157.14	2000	21°.4
Ac № 2	5246.2	2.96	64.06	1 Acc.	511.1	157.15	2000	21°.6
Ad № 1	3499.5	2.93	0.59	1 Acc.	510.7	153.03	2000	18°.5
Ad № 2	3500.0	2.94	64.04	1 Acc	510.8	153.07	2000	19°.4
Ad № 3	3500.4	2.96	181.35	1 Acc.	511.0	153.09	2000	21°.0
Ad № 4	3500.0	2.94	299.85	1 Acc.	510.8	157.98	2000	19°.5
Ad № 5	3500.2	2.95	486.97	1 Acc.	510.9	157.78	2000	20°.1
Ad № 6	3500.2	2.95	809.84	1 Acc.	510.9	157.82	2000	20°.2
Ad № 7	3500.2	2.96	1129.9	1 Acc.	510.9	157.77	2000	20°.3

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ad № 8	3500.2	2.96	1451.9	1 Acc.	510.9	157.67	2000	20°.1
Ad № 9	3500.2	2.96	1613.4	1 Acc.	510.9	157.70	2000	20°.3
Ad № 10	3500.2	2.96	1735.4	1 Acc.	510.9	157.59	2000	20°.4
Ad № 11	3500.2	2.96	1794.3	1 Acc.	510.9	157.61	2000	20°.4
Ad № 12	3500.2	2.96	2598.3	1 Acc.	510.9	157.63	2000	20°.4
Ad № 13	3500.3	2.96	6102.4	1 Acc.	511.0	157.64	2000	20°.7
Ae № 1	2628.0	2.97	0.60	1 Acc.	511.1	157.24	2000	21°.8
Ae № 2	2628.0	2.97	64.06	1 Acc.	511.1	157.20	2000	21°.7
Af № 1	1751.5	2.97	0.60	1 Acc.	511.1	157.25	2000	21°.8
Af № 2	1751.5	2.97	64.06	1 Acc.	511.1	157.26	2000	21°.6
Ag № 1	875.0	2.94	0.59	1 Acc.	510.7	153.13	2000	18°.8
Ag № 2	875.1	2.94	64.03	1 Acc.	510.8	153.13	2000	19°.2
Ag № 3	875.2	2.94	181.29	1 Acc.	510.9	153.12	2000	19°.7
Ag № 4	875.0	2.94	299.82	1 Acc.	510.7	153.12	2000	18°.8
Ag № 5	875.0	2.94	486.84	1 Acc.	510.7	153.10	2000	18°.7
Ag № 6	875.0	2.94	808.8	1 Acc.	510.8	153.04	2000	19°.0
Ag № 7	875.0	2.94	1129.6	1 Acc.	510.8	153.08	2000	19°.1
Ag № 8	875.1	2.94	1451.7	1 Acc.	510.8	153.08	2000	19°.3
Ag № 9	875.1	2.94	1774.9	1 Acc.	510.8	153.11	2000	19°.5
Ag № 10	875.2	2.95	1896.9	1 Acc.	510.9	153.10	2000	19°.9
Ag № 11	875.2	2.95	1936.9	1 Acc.	510.9	153.12	2000	19°.9
Ag № 12	875.2	2.96	2598.2	1 Acc.	510.9	153.00	2000	20°.3
Ag № 13	875.2	2.96	6130.3	1 Acc.	511.0	153.09	2000	20°.9
Ah № 1	580.1	2.96	0.60	1 Acc.	510.9	157.21	2000	19°.7
Ah № 2	580.1	2.96	64.03	1 Acc.	510.9	157.20	2000	20°.1
Ai № 1	436.0	2.96	0.60	1 Acc.	511.0	157.24	2000	20°.6
Ai № 2	436.0	2.96	64.04	1 Acc.	511.0	157.25	2000	20°.6

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm..	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. 9.
Aj № 1	389.7	2.96	0.60	1 Acc.	511.0	157.19	2000	20°.6
Aj № 2	389.7	2.96	64.04	1 Acc.	511.0	157.31	2000	20°.6
Ak № 1	288.6	2.94	0.59	1 Acc.	510.7	150.67	2000	18°.5
Ak № 2	288.6	2.95	64.04	1 Acc.	510.8	150.60	2000	19°.0
Ak № 3	288.6	2.96	181.3	1 Acc.	510.9	150.53	2000	20°.5
Ak № 4	288.6	2.96	299.9	1 Acc.	511.0	150.56	2000	21°.0
Ak № 5	288.6	2.95	486.8	1 Acc.	510.8	150.35	2000	19°.1
Ak № 6	288.6	2.95	808.8	1 Acc.	510.8	150.19	2000	19°.6
Ak № 7	288.6	2.95	1129.8	1 Acc.	510.8	150.16	2000	19°.7
Ak № 8	288.6	2.95	1451.8	1 Acc.	510.8	150.15	2000	19°.7
Ak № 9	288.6	2.95	1774.7	1 Acc.	510.8	150.35	2000	19°.0
Ak № 10	288.6	2.95	2100.9	1 Acc.	510.8	150.33	2000	19°.2
Ak № 11	288.6	2.95	2437.7	1 Acc.	510.8	150.17	2000	19°.1
Ak № 12	288.6	2.95	2762.2	1 Acc.	510.8	150.13	2000	19°.6
Ak № 13	288.6	2.95	3083.9	1 Acc.	510.8	150.15	2000	19°.4
Ak № 14	288.6	2.95	3413.1	1 Acc.	510.8	150.15	2000	19°.0
Ak № 15	288.6	2.95	7003.1	1 Acc.	510.7	150.03	2000	18°.8
Al № 1	193.16	2.96	0.60	1 Acc.	511.1	157.82	2000	22°.0
Al № 2	193.16	2.96	64.07	1 Acc.	511.1	157.60	2000	22°.0
Am № 1	98.24	2.95	0.60	1 Acc.	510.8	157.61	2000	19°.1
Am № 2	98.24	2.95	64.04	1 Acc.	510.8	157.59	2000	19°.2
Am № 3	98.24	2.95	181.30	1 Acc.	510.8	157.50	2000	19°.2
Am № 4	98.24	2.95	299.83	1 Acc.	510.8	157.46	2000	19°.3
Am № 5	98.24	2.95	486.89	1 Acc.	510.8	157.41	2000	19°.5
Am № 6	98.25	2.95	808.86	1 Acc.	510.9	157.50	2000	19°.7
Am № 7	98.25	2.95	1451.8	1 Acc.	510.9	157.45	2000	19°.7
Am № 8	98.25	2.95	2101.1	1 Acc.	510.9	157.40	2000	19°.7

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Am № 9	98.26	2.95	2757.0	1 Acc.	510.9	157.46	2000	20°.0
Am № 10	98.26	2.96	4116.2	1 Acc.	510.9	157.36	2000	20°.5
Am № 11	98.26	2.96	4999.7	1 Acc.	511.0	157.34	2000	21°.3
Am № 12	98.26	2.96	6762.7	1 Acc.	511.1	157.35	2000	21°.5
Am № 13	98.26	2.96	10253.8	1 Acc.	511.1	157.39	2000	21°.8
An № 1	49.47	2.92	0.59	1 Acc.	510.6	157.49	2000	17°.4
An № 2	49.47	2.92	64.02	1 Acc.	510.6	157.52	2000	17°.4
An № 3	49.48	2.92	181.25	1 Acc.	510.7	157.69	2000	18°.1
An № 4	49.48	2.92	299.77	1 Acc.	510.7	157.76	2000	18°.1
An № 5	49.48	2.93	486.79	1 Acc.	510.7	157.72	2000	18°.3
An № 6	49.48	2.93	808.66	1 Acc.	510.7	157.72	2000	18°.3
An № 7	49.48	2.93	1451.4	1 Acc.	510.7	157.71	2000	18°.4
An № 8	49.48	2.93	2100.6	1 Acc.	510.7	157.72	2000	18°.4
An № 9	49.48	2.93	2756.4	1 Acc.	510.7	157.78	2000	18°.7
An № 10	49.48	2.93	4114.9	1 Acc.	510.7	157.71	2000	18°.7
An № 11	49.49	2.94	4998.9	1 Acc.	510.8	157.51	2000	19°.4
An № 12	49.49	2.94	5875.4	1 Acc.	510.9	157.60	2000	19°.7
An № 13	49.49	2.94	6760.8	1 Acc.	510.9	157.61	2000	19°.8
An № 14	49.49	2.94	8493.1	1 Acc.	510.9	157.74	2000	19°.9
An № 15	49.49	2.94	10252.2	1 Acc.	510.9	157.59	2000	19°.9

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	80.6	21.891	97.0	26.842	72.4	31.762	50.4	36.654	33.2	41.513	20.1
18.902	33.5	22.883	172.0	27.828	124.3	32.743	88.1	37.628	64.3	42.481	45.5
19.456	−135.1	23.873	−0.1	28.814	14.0	33.723	2.1	38.601	9.3	43.450	7.9
19.900	−196.3	24.865	−143.2	29.798	−99.0	34.701	−74.0	39.572	−46.2	44.417	−35.9
20.896	−127.0	25.854	−92.0	30.781	−69.8	35.678	−45.7	40.543	−38.0	45.382	−29.6

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
46.346	13.0	54.025	—15.9	61.643	11.9	69.207	—6.8	76.723	4.2	84.193	—1.8
47.310	32.8	54.981	—16.1	62.591	6.0	70.151	—1.8	77.759	0.6	106.799	0.25
48.272	10.7	55.936	3.9	63.538	—6.9	71.090	5.3	78.594	—3.1	157.489	0.2
49.233	—22.1	56.889	16.8	64.485	—8.8	72.030	4.9	79.529	—2.0	208.343	0.2
50.194	—21.5	57.841	7.6	65.432	0.0	72.970	—1.6	80.463	1.9		
51.153	8.2	58.793	—9.1	66.377	8.1	73.908	—4.8	81.397	3.1		
52.112	23.2	59.744	—12.9	67.321	6.1	74.847	—1.3	82.329	0.7		
53.069	5.0	60.693	0.2	68.265	—2.9	75.786	3.1	83.262	—2.1		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 221.38	5	91.19	10	—38.31	15	16.93	20	—6.88	25	3.30
1	180.39	6	—75.88	11	33.16	16	—13.66	21	6.27	26	—2.20
2	—150.18	7	65.31	12	—27.29	17	12.12	22	—4.80		
3	128.26	8	—54.17	13	23.60	18	—9.32	23	4.73		
4	—106.99	9	46.50	14	—19.15	19	8.84	24	—3.10		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	90.0	25.854	—62.3	34.701	—24.0	43.450	5.9	52.112	3.4	60.693	—0.1
18.902	46.9	26.842	30.1	35.678	—20.3	44.417	—5.8	53.069	2.3	61.643	1.2
19.456	—118.4	27.828	70.1	36.654	9.0	45.382	—7.0	54.025	—1.0	62.591	1.1
19.900	—162.9	28.814	17.1	37.628	20.9	46.346	0.0	54.981	—2.0	63.538	0.25
20.896	—123.3	29.798	—40.8	38.601	8.9	47.310	6.2	55.936	—0.1	64.485	—0.3
21.891	60.1	30.781	—36.7	39.572	—10.5	48.272	4.1	56.889	1.95	65.432	—0.1
22.883	126.4	31.762	16.2	40.543	—13.1	49.233	—2.0	57.841	1.9	106.799	0.3
23.873	14.1	32.743	38.4	41.513	1.1	50.194	—3.7	58.793	0.0	157.489	0.25
24.865	—88.3	33.723	9.8	42.481	11.2	51.153	0.1	59.744	—1.0	208.343	0.25

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	—173.13	3	69.96	6	—27.76	9	11.78	12	—4.10	15	2.10
1	130.38	4	—51.33	7	21.08	10	—7.80	13	3.80	16	—1.00
2	—93.87	5	38.64	8	—14.80	11	6.73	14	—2.00	17	1.43

N:o 1.

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	109.2	29.798	−64.2	42.481	28.1	54.981	−7.2	67.321	2.8	79.529	−0.2
18.902	67.7	30.781	63.2	43.450	9.9	55.936	2.0	68.265	−0.15	80.463	0.75
19.456	86.4	31.762	29.2	44.417	−17.8	56.889	7.4	69.207	−2.1	81.397	0.1
19.900	−176.6	32.743	68.3	45.382	−18.2	57.841	4.0	70.151	0.7	82.329	0.6
20.896	162.8	33.723	14.6	46.346	3.8	58.793	−3.2	71.090	1.7	83.262	0.2
21.891	61.3	34.701	−45.2	47.310	18.0	59.744	5.1	72.030	1.9	84.193	0.2
22.883	166.2	35.678	40.6	48.272	7.0	60.693	0.0	72.970	0.0	106.799	0.1
23.873	42.3	36.654	21.3	49.233	10.8	61.643	4.8	73.908	0.3	157.489	0.05
24.865	110.2	37.628	43.9	50.194	12.1	62.591	3.0	74.847	0.6	208.343	0.0
25.854	−90.5	38.601	19.1	51.153	1.9	63.538	1.8	75.786	1.0		
26.842	43.6	39.572	25.2	52.112	11.7	64.485	−3.3	76.723	1.5		
27.828	106.9	40.543	27.8	53.069	4.5	65.432	0.7	77.759	0.0		
28.814	28.6	41.513	6.1	54.025	6.2	66.377	2.9	78.594	0.8		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	−206.88	5	68.38	10	−22.13	15	7.40	20	−2.27	25	1.00
1	167.90	6	54.20	11	18.01	16	5.87	21	2.20	26	−0.50
2	−132.51	7	43.89	12	−14.10	17	4.87	22	−1.33		
3	108.28	8	34.92	13	11.68	18	−3.70	23	1.47		
4	−84.92	9	28.10	14	−9.01	19	3.07	24	−1.00		

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	109.3	24.865	−66.1	32.743	28.9	40.543	−9.0	48.272	2.6	55.936	0.0
18.902	69.3	25.854	−71.0	33.723	14.0	41.513	−0.8	49.233	−0.5	56.889	1.0
19.456	−58.4	26.842	18.4	34.701	−13.9	42.481	6.8	50.194	−2.0	57.841	1.0
19.900	−139.1	27.828	58.6	35.678	−17.8	43.450	1.7	51.153	−0.4	58.793	0.3
20.896	−139.6	28.814	26.6	36.654	2.2	44.417	−2.0	52.112	1.9	59.744	−0.1
21.891	35.7	29.798	−29.8	37.628	13.9	45.382	5.1	53.069	1.5	106.799	0.2
22.883	120.2	30.781	−35.1	38.601	8.8	46.346	0.1	54.025	0.0	157.489	0.1
23.873	40.2	31.762	5.9	39.572	−4.1	47.310	3.3	54.981	−1.0	208.343	0.05

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	—171.12	3	59.16	6	—19.58	9	7.03	12	—2.10	15	1.00
1	120.88	4	—40.76	7	14.10	10	—5.03	13	1.93	16	—0.43
2	—83.38	5	28.90	8	—9.58	11	3.60	14	—1.02		

* Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	103.7	22.883	68.0	28.814	11.7	34.701	—0.8	40.543	—0.5	46.346	0.15
18.902	69.3	23.873	29.7	29.798	—5.4	35.678	—2.8	41.513	—0.1	54.875	0.3
19.456	—44.3	24.865	—29.1	30.781	—10.0	36.654	—0.9	42.481	0.8	106.799	0.3
19.900	—104.1	25.854	—31.2	31.762	—2.0	37.628	1.8	43.450	1.0	157.489	0.2
20.896	—93.5	26.842	—1.0	32.743	5.8	38.601	2.0	44.417	0.65	208.343	0.1
21.891	17.1	27.828	19.2	33.723	4.7	39.572	0.6	45.382	0.2		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	—122.59	2	—36.10	4	—10.22	6	—2.80	8	0.53	10	0.13
1	67.95	3	20.25	5	6.20	7	2.20	9	1.00		

* Die Curve Ab N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	114.1	23.873	21.7	30.761	—2.3	37.628	0.3
18.902	79.3	24.865	—7.4	31.762	—1.3	38.601	0.7
19.456	—18.7	25.854	—15.0	32.743	0.95	44.202	0.4
19.900	—67.4	26.842	—4.2	33.723	1.7	54.875	0.25
20.896	—78.2	27.828	5.8	34.701	0.9	106.799	0.2
21.891	—9.5	28.814	6.1	35.678	0.0	157.489	0.15
22.883	37.1	29.798	0.5	36.654	—0.1	208.343	0.1

Max. und Min.

№	q
0	—89.78
1	38.53
2	—15.33
3	7.17
4	—2.33
5	1.77
6	0.00

* Die Curve Ab N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	129.9	21.891	—17.0	26.842	—2.8	31.762	0.0	54.875	0.5
18.902	115.3	22.883	11.2	27.828	0.0	32.743	0.25	106.799	0.4
19.456	34.9	23.873	14.9	28.814	1.9	33.723	0.7	157.489	0.3
19.900	—19.8	24.865	4.0	29.798	1.4	34.701	0.7	208.343	0.2
20.896	—55.2	25.854	3.2	30.781	0.6	44.202	0.6		

Max. und Min.

№	q
0	—56.21
1	16.23
2	—4.00
3	1.90
4	0.00

* Die Curve Ab N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	136.2	21.891	—16.2	26.842	0.7	31.762	0.8	157.489	0.4
18.902	118.5	22.883	—3.6	27.828	0.45	32.743	0.75	208.343	0.3
19.456	58.6	23.873	2.8	28.814	0.7	44.202	0.7		
19.900	23.1	24.865	3.0	29.798	0.8	54.875	0.6		
20.896	—18.8	25.854	1.7	30.781	0.8	106.799	0.5		

Max. und Min.

N	q
0	—21.23
1	3.10
2	0.37
3	0.83

* Die Curve Ab N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	142.2	20.896	7.0	24.865	0.6	28.814	0.8	54.875	0.6
18.902	132.2	21.891	—4.6	25.854	1.0	29.798	0.8	106.799	0.5
19.456	84.4	22.883	—3.2	26.842	1.0	33.396	0.75	157.489	0.4
19.900	52.9	23.873	—0.9	27.828	0.9	44.202	0.7	208.343	0.35

Max. und Min.

№	q
0	—4.80
1	1.00

* Die Curve Ab N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	143.2	19.900	64.3	22.883	2.5	25.854	0.95	33.396	0.95	106.799	0.7
18.902	133.1	20.896	26.7	23.873	1.0	26.842	1.0	44.202	0.9	157.489	0.6
19.456	94.4	21.891	18.4	24.865	0.9	27.828	0.95	54.875	0.85	208.343	0.5

* Die Curve Ab N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	144.2	20.896	32.4	23.873	2.3	26.842	0.9	29.798	0.8	106.799	0.5
18.902	137.3	21.891	13.0	24.865	1.3	27.828	0.9	30.781	0.8	157.489	0.4
19.900	75.2	22.883	5.1	25.854	1.0	28.814	0.8	54.875	0.7	208.343	0.3

* Die Curve Ab N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	143.5	21.891	15.0	25.854	1.1	29.798	0.9	54.875	0.7
18.902	134.2	22.883	6.8	26.842	1.0	30.781	0.85	106.799	0.5
19.900	74.8	23.873	3.0	27.828	0.95	31.762	0.8	157.489	0.35
20.896	34.1	24.865	1.9	28.814	0.9	44.202	0.75	208.343	0.25

* Die Curve Ab N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	149.0	21.891	42.7	25.854	9.0	29.798	2.75	38.817	1.0	157.489	0.65
18.902	143.2	22.883	28.9	26.842	6.2	30.781	2.0	44.202	0.95	208.343	0.6
19.900	100.3	23.873	19.1	27.828	4.7	31.762	1.75	54.875	0.85		
20.896	67.2	24.865	13.2	28.814	3.5	32.743	1.55	106.799	0.75		

Die Curve Ac N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	74.9	27.828	85.1	38.601	7.1	49.233	−5.0	59.744	−1.85	70.151	0.0
18.902	36.4	28.814	8.1	39.572	−17.5	50.194	−5.3	60.693	0.25	71.090	0.7
19.456	−133.1	29.798	−161.3	40.543	−15.0	51.153	1.2	61.643	2.0	72.030	0.7
19.900	−188.6	30.781	−39.2	41.513	6.4	52.112	5.6	62.591	1.3	72.970	0.05
20.896	−121.3	31.762	25.0	42.481	16.3	53.069	2.0	63.538	−0.5	73.908	−0.2
21.891	81.4	32.743	47.3	43.450	4.8	54.025	−2.9	64.485	−1.0	74.847	−0.1
22.883	146.3	33.723	1.0	44.417	−10.0	54.981	−3.0	65.432	0.3	106.799	0.25
23.873	11.8	34.701	−35.6	45.382	−9.0	55.936	0.8	66.377	1.0	157.489	0.2
24.865	−110.1	35.678	−23.1	46.346	3.2	56.889	3.0	67.321	1.0	208.343	0.15
25.854	−171.3	36.654	14.3	47.310	9.4	57.841	1.95	68.265	−0.1		
26.842	44.4	37.628	28.2	48.272	3.8	58.793	−1.0	69.207	−0.7		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Ac N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	−200.70	4	−65.10	8	−20.98	12	−6.67	16	−2.00	20	−0.63
1	153.26	5	50.09	9	16.30	13	5.63	17	2.00	21	0.90
2	−114.19	6	−36.96	10	−11.99	14	−3.77	18	−1.00	22	−0.15
3	87.32	7	28.50	11	9.38	15	3.10	19	1.23		

Die Curve Ac N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	82.0	23.873	12.7	30.781	−24.3	37.628	9.2	44.417	−1.0	51.153	0.0
18.902	53.2	24.865	−67.4	31.762	5.9	38.601	5.2	45.382	−2.2	52.112	1.0
19.456	−93.3	25.854	−48.4	32.743	21.2	39.572	−2.9	46.346	−0.2	53.069	1.0
19.900	−151.1	26.842	18.9	33.723	9.0	40.543	−5.2	47.310	1.8	54.025	0.15
20.896	−14.9	27.828	48.1	34.701	−10.9	41.513	−0.2	48.272	1.9	106.799	0.3
21.891	43.8	28.814	14.8	35.678	−11.0	42.481	4.1	49.233	0.0	157.489	0.25
22.883	108.8	29.798	−25.6	36.654	1.3	43.450	2.9	50.194	−0.95	208.343	0.2

Maxima und Minima der Curve Ac N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	−166.65	2	−71.34	4	−31.10	6	−13.30	8	−5.27	10	−2.17
1	110.44	3	48.38	5	21.16	7	9.31	9	4.23	11	2.03

* Die Curve Ad N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	87.3	25.854	−50.4	34.701	−16.0	43.450	1.8	52.112	1.3	60.693	0.2
18.902	31.3	26.842	27.9	35.678	−11.8	44.417	−2.8	53.069	0.9	61.643	0.6
19.456	−116.2	27.828	55.1	36.654	5.1	45.382	−2.4	54.025	−0.2	62.591	0.6
19.900	−172.9	28.814	10.6	37.628	11.8	46.346	0.7	54.981	−0.5	63.538	0.25
20.896	−107.2	29.798	−35.1	38.601	3.2	47.310	2.8	55.936	0.1	64.485	0.05
21.891	64.8	30.781	−26.2	39.572	−6.2	48.272	1.3	56.889	0.85	65.432	0.3
22.883	120.3	31.762	12.0	40.543	−6.5	49.233	−1.0	57.841	0.8	106.799	0.4
23.873	5.8	32.743	24.9	41.513	2.0	50.194	−1.1	58.793	0.2	157.489	0.4
24.865	−82.3	33.723	2.9	42.481	5.5	51.153	0.4	59.744	0.0	208.343	0.3

Maxima und Minima der Curve Ad N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	−185.80	3	57.18	6	−17.01	9	5.60	12	−1.30	15	0.95
1	126.59	4	−37.71	7	11.89	10	−3.13	13	1.52	16	−0.02
2	−83.92	5	25.95	8	−7.40	11	2.80	14	−0.47	17	0.67

* Die Curve Ad N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	85.5	23.873	23.8	30.781	−14.4	37.628	4.0	44.417	0.1	51.153	0.4
18.902	43.9	24.865	−49.7	31.762	−0.3	38.601	3.0	45.382	−0.3	54.875	0.5
19.456	−90.6	25.854	−38.4	32.743	11.2	39.572	−0.5	46.346	0.1	106.799	0.5
19.900	−140.1	26.842	9.0	33.723	5.3	40.543	−1.8	47.310	0.9	157.489	0.45
20.896	−107.1	27.828	31.9	34.701	−4.2	41.513	−0.1	48.272	0.95	208.343	0.4
21.891	39.2	28.814	12.9	35.678	−5.2	42.481	1.8	49.233	0.7		
22.883	89.7	29.798	−13.0	36.654	0.95	43.450	1.6	50.194	0.1		

Maxima und Minima der Curve Ad N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	−153.61	2	−52.97	4	−18.04	6	−6.00	8	−2.00	10	−0.53
1	91.75	3	31.79	5	11.18	7	4.03	9	1.80	11	0.93

* Die Curve Ad N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	98.3	22.883	51.2	28.814	8.3	34.701	0.8	40.543	0.5	106.799	0.55
18.902	67.0	23.873	25.1	29.798	−0.6	35.678	−0.5	41.513	0.5	157.489	0.5
19.456	−45.2	24.865	−15.7	30.781	−4.5	36.654	−0.2	42.481	0.65	208.343	0.45
19.900	−97.4	25.854	−20.9	31.762	−1.8	37.628	0.7	43.450	0.8		
20.896	−82.8	26.842	−3.2	32.743	2.1	38.601	1.0	44.417	0.8		
21.891	3.1	27.828	10.0	33.723	2.5	39.572	0.9	54.875	0.6		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Ad N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	−110.18	2	−22.95	4	−4.50	6	−0.57	8	0.23
1	51.73	3	11.14	5	2.87	7	1.00	9	0.80

* Die Curve Ad N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	118.1	22.883	28.8	28.814	4.0	34.701	0.8	54.875	0.35
18.902	82.0	23.873	20.5	29.798	1.9	35.678	0.3	106.799	0.25
19.456	−16.0	24.865	−2.6	30.781	−0.7	36.654	0.0	157.489	0.15
19.900	−62.4	25.854	−10.3	31.762	−0.9	37.628	0.2	208.343	0.1
20.896	−72.2	26.842	−5.0	32.743	0.1	38.601	0.45		
21.891	−12.8	27.828	2.1	33.723	0.9	44.202	0.4		

Max. und Min.

№	q
0	−83.92
1	30.41
2	−10.23
3	4.13
4	−1.10
5	0.83

* Die Curve Ad N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	122.1	22.883	8.1	28.814	1.0	34.701	0.5	157.489	0.15
18.902	89.2	23.873	11.9	29.798	1.1	35.678	0.5	208.343	0.1
19.456	9.0	24.865	4.0	30.781	0.6	36.654	0.4		
19.900	−29.1	25.854	−1.8	31.762	0.1	44.202	0.4		
20.896	−51.0	26.842	−2.5	32.743	0.2	54.875	0.3		
21.891	−20.9	27.828	0.7	33.723	0.4	106.799	0.2		

Max. und Min.

№	q
0	−52.47
1	13.15
2	−2.70
3	1.20
4	0.13
5	0.57

* Die Curve Ad N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	128.3	21.891	−12.5	26.842	0.6	31.762	0.6	157.489	0.1
18.902	110.5	22.883	−4.4	27.828	0.2	32.743	0.5	208.343	0.05
19.456	47.0	23.873	1.9	28.814	0.3	44.202	0.4		
19.900	13.4	24.865	2.8	29.798	0.5	54.875	0.3		
20.896	−19.8	25.854	1.5	30.781	0.6	106.799	0.2		

Max. und Min.

№	q
0	−20.88
1	2.83
2	0.20
3	0.60

* Die Curve Ad N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	134.2	21.891	−5.2	25.854	0.85	29.798	0.8	106.799	0.5
18.902	115.5	22.883	−4.0	26.842	0.8	33.396	0.75	157.489	0.4
19.900	42.9	23.873	−1.2	27.828	0.65	44.202	0.7	208.343	0.3
20.896	3.9	24.865	0.3	28.814	0.85	54.875	0.6		

Max. und Min.

№	q
0	−5.20
1	0.93

* Die Curve Ad N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	138.3	21.891	7.0	25.854	0.6	29.798	0.75	54.875	0.6
18.902	129.1	22.883	1.5	26.842	0.8	30.781	0.7	106.799	0.4
19.900	57.0	23.873	0.4	27.828	0.8	31.762	0.7	157.489	0.3
20.896	22.1	24.865	0.3	28.814	0.75	44.202	0.65	208.343	0.2

Max. und Min.

№	q
0	0.27
1	0.80

* Die Curve Ad N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	142.2	21.891	12.8	25.854	0.95	29.798	0.8	44.202	0.6	208.343	0.15
18.902	129.4	22.883	5.2	26.842	0.8	30.781	0.75	54.875	0.5		
19.900	73.4	23.873	2.1	27.828	0.75	31.762	0.7	106.799	0.4		
20.896	29.9	24.865	1.1	28.814	0.85	32.743	0.7	157.489	0.25		

* Die Curve Ad N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	129.9	22.883	8.1	26.842	0.1	30.781	0.8	54.875	0.6
19.900	71.5	23.873	3.9	27.828	0.95	31.762	0.8	106.799	0.4
20.896	34.8	24.865	2.2	28.814	0.8	32.743	0.8	157.489	0.25
21.891	16.8	25.854	1.4	29.798	0.85	44.202	0.65	208.343	0.15

* Die Curve Ad N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	129.2	22.883	9.6	26.842	1.2	30.781	0.95	54.875	0.7
19.900	72.7	23.873	4.9	27.828	1.0	31.762	0.9	106.799	0.6
20.896	36.8	24.865	2.8	28.814	1.0	32.743	0.85	157.489	0.5
21.891	18.8	25.854	1.95	29.798	0.95	44.202	0.75	208.343	0.4

Die Curve Ad N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	139.2	22.883	27.8	26.842	6.0	30.781	1.9	38.817	0.85	157.489	0.45
19.900	92.3	23.873	17.9	27.828	4.1	31.762	1.5	44.202	0.8	208.343	0.3
20.896	62.0	24.865	12.0	28.814	3.0	32.743	1.1	54.875	0.75		
21.891	42.1	25.854	8.6	29.798	2.2	33.723	1.0	106.799	0.55		

Die Curve Ad N:o 13.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	148.6	25.854	47.2	32.743	16.2	39.572	6.05	46.346	2.55	106.799	0.7
19.900	126.4	26.842	41.4	33.723	14.1	40.543	5.2	48.486	2.0	157.489	0.6
20.896	108.4	27.828	35.4	34.701	12.2	41.513	4.7	50.620	1.7	208.343	0.5
21.891	92.4	28.814	30.1	35.678	10.6	42.481	4.0	52.750	1.3		
22.883	78.2	29.798	26.1	36.654	9.0	43.450	3.7	54.875	1.1		
23.873	66.3	30.781	22.5	37.628	8.0	44.417	3.1	65.432	0.9		
24.865	56.7	31.762	19.1	38.601	7.0	45.382	2.8	86.282	0.75		

* Die Curve Ae N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	92.3	23.873	16.9	30.781	- 17.0	37.628	5.0	44.417	−0.3	51.153	0.05
18.902	58.3	24.865	−57.4	31.762	4.9	38.601	2.8	45.382	−0.8	52.112	0.4
19.456	−98.1	25.854	−43.3	32.743	14.0	39.572	−1.6	46.346	0.0	53.069	0.45
19.900	−166.4	26.842	18.3	33.723	5.0	40.543	− 2.4	47.310	0.8	54.025	0.2
20.896	−22.3	27.828	38.4	34.701	−6.9	41.513	0.0	48.272	0.7	106.799	0.1
21.891	46.9	28.814	12.4	35.678	−0.8	42.481	2.0	49.233	0.05	157.489	0.1
22.883	107.3	29.798	−18.0	36.654	1.5	43.450	1.1	50.194	−0.1	208.343	0.1

Maxima und Minima der Curve Ae N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	−182.1	2	−65.33	4	−23.07	6	−8.00	8	−2.77	10	−0.87
1	109.58	3	39.16	5	14.03	7	5.13	9	2.00	11	1.00

* Die Curve Ae N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	89.3	22.883	75.2	28.814	9.8	34.701	−1.5	40.543	−0.4	46.346	0.2
18.902	43.6	23.873	16.8	29.798	−6.9	35.678	−2.6	41.513	0.0	54.875	0.4
19.456	−99.1	24.865	−37.4	30.781	−9.8	36.654	0.3	42.481	0.8	106.799	0.35
19.900	−140.1	25.854	−28.8	31.762	0.0	37.628	1.8	43.450	0.8	157.489	0.35
20.896	−93.2	26.842	3.9	32.743	6.0	38.601	1.8	44.417	0.5	208.343	0.35
21.891	30.2	27.828	21.8	33.723	3.7	39.572	0.2	45.382	0.2		

Maxima und Minima der Curve Ae N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	149.95	2	−41.15	4	−10.89	6	−2.77	8	−0.50	10	0.17
1	79.78	3	21.89	5	6.20	7	2.05	9	0.97		

* Die Curve Af N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	83.0	22.883	74.6	28.814	6.3	34.701	−1.0	40.543	0.0	106.799	0.25
18.902	34.1	23.873	11.9	29.798	−6.1	35.678	−1.2	41.513	0.2	157.489	0.25
19.456	−121.1	24.865	−33.5	30.781	5.7	36.654	0.25	42.481	0.6	208.343	0.25
19.900	−160.9	25.854	−23.6	31.762	1.1	37.628	1.15	43.450	0.5		
20.896	−69.3	26.842	7.1	32.743	4.1	38.601	0.9	44.417	0.3		
21.891	40.4	27.828	17.2	33.723	1.9	39.572	0.25	54.875	0.35		

Maxima und Minima der Curve Af N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	—166.16	2	—36.16	4	—7.73	6	—1.40	8	—0.03
1	78.68	3	17.41	5	4.10	7	1.17	9	0.67

* Die Curve Af N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	97.0	22.883	56.8	28.814	5.9	34.701	0.3	54.875	0.5
18.902	48.6	23.873	20.4	29.798	—1.2	35.678	—0.2	106.799	0.3
19.456	—87.6	24.865	—18.4	30.781	—3.5	36.654	0.0	157.489	0.25
19.900	—129.3	25.854	—19.2	31.762	—0.9	37.628	0.6	208.343	0.25
20.896	—88.2	26.842	—1.0	32.743	1.8	38.601	0.7		
21.891	16.8	27.828	9.7	33.723	1.7	44.202	0.5		

Max. und Min.

№	q
0	—137.22
1	57.27
2	—23.00
3	9.91
4	—0.20
5	0.73

* Die Curve Ag N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	86.3	21.891	4.3	26.842	—1.1	31.762	0.1	44.202	0.25
18.902	33.9	22.883	25.9	27.828	1.1	32.743	0.35	54.875	0.25
19.456	—105.4	23.873	8.4	28.814	1.1	33.723	0.35	106.799	0.25
19.900	—127.1	24.865	—3.4	29.798	0.5	34.701	0.3	157.489	0.2
20.896	—67.1	25.854	—4.6	30.781	0.0	35.678	0.3	208.343	0.2

Max. und Min.

№	q
0	—127.14
1	26.10
2	—5.02
3	1.30
4	0.00

* Die Curve Ag N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	91.3	21.891	—4.8	26.842	—1.9	31.762	0.15	44.202	0.4
18.902	48.5	22.883	19.2	27.828	0.3	32.743	0.2	54.875	0.45
19.456	—74.2	23.873	10.6	28.814	1.0	33.723	0.6	106.799	0.4
19.900	—102.1	24.865	0.4	29.798	0.6	34.701	0.5	157.489	0.4
20.896	—67.3	25.854	—3.15	30.781	0.3	35.678	0.5	208.343	0.35

Max. und Min.

№	q
0	—105.25
1	?
2	—3.13
3	1.03
4	0.20

* Die Curve Ag N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	109.3	21.891	—21.1	26.842	—1.1	31.762	0.7	44.202	0.6
18.902	74.8	22.883	8.0	27.828	—0.3	32.743	0.7	54.875	0.6
19.456	—25.1	23.873	11.0	28.814	0.5	33.723	0.6	106.799	0 6
19.900	—61.5	24.865	5.0	29.798	1.0	34.701	0.6	157.489	0.5
20.896	—66.4	25.854	0.0	30.781	0.9	35.678	0.7	208.343	0.5

Max. und Min.

№	q
0	—76.32
1	12.02
2	—1.10
3	1.00
4	0.70

* Die Curve Ag N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	112.2	21.891	—22.1	26.842	0.0	31.762	0.8	44.202	0.7
18.902	74.8	22.883	1.2	27.828	—0.2	32.743	0.8	54.875	0.65
19.456	—6.8	23.873	7.4	28.814	0.3	33.723	0.7	106.799	0.7
19.900	—44.4	24.865	5.0	29.798	0.8	34.701	0.7	157.489	0.6
20.896	—51.4	25.854	1.5	30.781	0.85	35.678	0.7	208.343	0.55

Max. und Min.

№	q
0	—56.54
1	7.43
2	—0.20
3	0.87

* Die Curve Ag N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	112.1	21.891	—23.2	26.842	1.2	31.762	0.8	44.202	0.75
18.902	91.3	22.883	—6.4	27.828	0.7	32.743	0.8	54.875	0.7
19.456	18.2	23.873	2.2	28.814	0.4	33.723	0.8	106.799	0.6
19.900	—17.0	24.865	3.8	29.798	0.6	34.701	0.8	157.489	0.55
20.896	—36.3	25.854	2.5	30.781	0.75	35.678	0.75	208.343	0.5

Max. und Min.

№	q
0	—36.43
1	3.83
2	0.43
3	0.80

* Die Curve Ag N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	125.4	21.891	—15.3	26.842	1.7	31.762	0.95	54.875	0.9
18.902	104.3	22.883	—9.1	27.828	1.3	32.743	0.9	106.799	0.75
19.456	45.2	23.873	—3.0	28.814	1.0	33.723	0.95	157.489	0.7
19.900	19.3	24.865	0.6	29.798	0.9	38.817	0.95	208.343	0.65
20.896	—12.0	25.854	1.5	30.781	0.9	44.202	0.9		

Max. und Min.

№	q
0	—15.96
1	1.77
2	0.90

* Die Curve Ag N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	129.3	21.891	—4.0	25.854	0.0	29.798	1.0	54.875	0.9
18.902	113.3	22.883	—5.7	26.842	0.9	30.781	1.0	106.799	0.8
19.900	45.3	23.873	—3.5	27.828	1.0	38.817	0.95	157.489	0.7
20.896	8.0	24.865	—1.3	28.814	1.0	44.202	0.95	208.343	0.6

Max. und Min.

№	q
0	—5.80
1	1.02

* Die Curve Ag N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	136.9	21.891	8.1	25.854	—0.7	29.798	1.0	54.875	0.95
18.902	123.4	22.883	1.1	26.842	0.7	30.781	1.0	106.799	0.85
19.900	61.1	23.873	—0.9	27.828	0.8	38.817	1.0	157.489	0.8
20.896	23.8	24.865	—0.8	28.814	0.9	44.202	1.0	208.343	0.75

Max. und Min.

№	q
0	—0.97
1	1.00

* Die Curve Ag N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	137.1	21.891	18.9	25.854	1.0	29.798	1.0	54.875	0.9
18.902	127.3	22.883	8.5	26.842	0.95	30.781	1.0	106.799	0.8
19.900	71.4	23.873	3.9	27.828	0.95	38.817	0.95	157.489	0.7
20.896	39.1	24.865	1.8	28.814	0.95	44.202	0.95	208.343	0.65

* Die Curve Ag N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	138.6	21.891	23.0	25.854	1.95	29.798	1.0	54.875	0.9
18.902	128.2	22.883	11.6	26.842	1.25	30.781	1.0	106.799	0.8
19.900	74.2	23.873	5.6	27.828	1.0	33.396	1.0	157.489	0.7
20.896	41.4	24.865	3.0	28.814	1.0	44.202	0.95	208.343	0.6

* Die Curve Ag N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	140.0	21.891	23.4	25.854	2.0	29.798	1.0	54.875	0.95
18.902	129.2	22.883	12.1	26.842	1.3	30.781	1.0	106.799	0.85
19.900	74.3	23.873	6.4	27.828	1.0	31.762	1.0	157.489	0.75
20.896	43.3	24.865	3.2	28.814	1.0	44.202	0.95	208.343	0.7

* Die Curve Ag N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	141.2	21.891	42.2	25.854	7.9	29.798	2.2	33.723	1.1	54.875	0.85
18.902	133.3	22.883	26.9	26.842	5.6	30.781	1.9	34.701	1.1	106.799	0.8
19.900	90.0	23.873	17.9	27.828	4.0	31.762	1.6	36.654	1.0	157.489	0.8
20.896	61.3	24.865	11.6	28.814	3.0	32.743	1.3	44.202	0.95	208.343	0.75

* Die Curve Ag N:o 13.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	148.2	22.883	76.1	27.828	34.9	32.743	16.0	38.817	6.8	81.086	1.0
18.902	144.1	23.873	64.4	28.814	29.9	33.723	14.0	40.974	5.0	106.799	0.95
19.900	123.0	24.865	55.2	29.798	25.5	34.701	12.0	43.127	3.9	157.489	0.85
20.896	104.3	25.854	47.2	30.781	21.9	35.678	10.4	47.417	2.5	208.343	0.8
21.891	90.3	26.842	40.5	31.762	18.9	36.654	9.0	54.875	1.5		

* Die Curve Ah N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	83.1	21.891	—10.0	26.842	—0.05	31.762	0.35	44.202	0.25
18.902	33.9	22.883	5.7	27.828	0.1	32.743	0.3	54.875	0.25
19.456	—97.3	23.873	4.6	28.814	0.2	34.484	0.3	106.799	0.25
19.900	—104.1	24.865	1.2	29.798	0.35	36.654	0.25	157.489	0.25
20.896	—54.0	25.854	0.0	30.781	0.35	38.817	0.25	208.343	0.25

Max. und Min.

№	q
0	—106.69
1	6.20
2	—0.03
3	0.35

N:o 1.

* Die Curve Ah N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	85.3	21.891	−15.0	26.842	0.0	31.762	0.4	44.202	0.4
18.902	44.1	22.883	2.8	27.828	0.0	32.743	0.35	54.875	0.3
19.456	−69.1	23.873	4.7	28.814	0.25	34.484	0.35	106.799	0.25
19.900	−88.4	24.865	2.05	29.798	0.4	36.654	0.35	157.489	0.25
20.896	−56.2	25.854	0.6	30.781	0.4	38.817	0.35	208.343	0.2

Max. und Min.

№	q
0	−88.42
1	5.00
2	0.00
3	0.33

Die Curve Ai N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.9	20.896	−51.0	24.865	0.35	30.126	0.15	54.875	0.15
18.902	32.3	21.891	−18.8	25.854	0.3	32.307	0.1	106.799	0.1
19.456	−81.4	22.883	−4.9	26.842	0.2	38.817	0.15	157.489	0.1
19.900	−90.3	23.873	−0.6	27.828	0.15	44.202	0.1	208.343	0.1

Max. und Min.

№	q
0	−90.25
1	0.37

Die Curve Ai N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	89.1	20.896	−51.3	24.865	0.6	30.126	0.3	54.875	0.3
18.902	41.8	21.891	−21.1	25.854	0.7	32.307	0.3	106.799	0.25
19.456	−63.2	22.883	−5.5	26.842	0.45	38.817	0.3	157.489	0.2
19.900	−74.9	23.873	−0.6	27.828	0.4	44.202	0.3	208.343	0.15

Max. und Min.

№	q
0	−76.08
1	0.70

* Die Curve Aj N:o 1. Min. = −83.52.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	82.3	20.896	−50.2	24.865	−0.9	28.814	0.1	34.484	0.15	54.875	0.15
18.902	34.4	21.891	−21.1	25.854	−0.1	29.798	0.1	36.654	0.15	106.799	0.15
19.456	−80.5	22.883	−7.8	26.842	0.0	30.781	0.1	38.817	0.2	157.489	0.15
19.900	−82.4	23.873	−2.5	27.828	0.05	32.743	0.15	44.202	0.2	208.343	0.15

* Die Curve Aj N:o 2. Min. = —69.84.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	88.2	20.896	—48.0	24.865	0.65	28.814	0.3	32.743	0.25	54.875	0.25
18.902	47.2	21.891	—22.4	25.854	0.0	29.798	0.25	34.484	0.25	106.799	0.25
19.456	—60.2	22.883	—8.2	26.842	0.25	30.781	0.25	38.817	0.3	157.489	0.25
19.900	—69.1	23.873	—2.6	27.828	0.3	31.762	0.3	44.202	0.25	208.343	0.25

Die Curve Ak N:o 1. Min. = —64.97. [1])

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	83.0	19.900	—63.3	22.883	—12.9	25.854	—2.2	28.814	—0.2	33.396	0.1
18.902	39.0	20.896	—41.5	23.873	—7.0	26.842	—1.2	29.798	0.0	44.202	0.2
19.456	—60.3	21.891	—23.5	24.865	—3.9	27.828	—0.7	30.781	0.0	54.875	0.1

Die Curve Ak N:o 2. Min. = —54.38.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	87.4	19.900	—154.4	22.883	—12.0	25.854	—2.0	28.814	—0.2	44.202	0.2
18.902	52.4	20.896	—38.8	23.873	—6.7	26.842	—1.0	29.798	0.0	54.875	0.1
19.456	—145.0	21.891	—23.1	24.865	—3.6	27.828	—0.5	33.396	0.1	106.799	0.1

Die Curve Ak N:o 3. Min. = —40.23.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	103.6	19.900	—36.7	22.883	—12.3	25.854	—1.8	28.814	—0.1	44.202	0.3
18.902	66.4	20.896	—34.6	23.873	—6.8	26.842	—0.9	29.798	0.0	54.875	0.3
19.456	—20.8	21.891	—21.9	24.865	—3.4	27.828	—0.3	33.396	0.2	106.799	0.1

[1]) Auch die entsprechenden Ladungscurven in der Reihe k sind aufgenommen worden, werden aber hier ausgelassen.

Die Curve Ak N:o 4. Min. = —29.95.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	112.2	19.900	—22.1	22.883	—17.7	25.854	—1.8	28.814	0.0	44.202	0.5
18.902	80.6	20.896	—29.8	23.873	—7.1	26.842	—0.9	29.798	0.1	54.875	0.4
19.456	0.1	21.891	—21.3	24.865	—3.8	27.828	—0.3	33.396	0.4	106.799	0.3

* Die Curve Ak N:o 5. Min. = —20.85.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	117.3	19.900	2.2	22.883	—12.1	25.854	—2.0	28.814	0.0	44.202	0.8
18.902	96.5	20.896	—20.0	23.873	—7.2	26.842	—0.9	29.798	0.2	54.875	0.5
19.456	22.0	21.891	—18.7	24.865	—4.0	27.828	—0.3	33.396	0.7	106.799	0.4

* Die Curve Ak N:o 6. Min. = —10.82.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	124.3	20.896	—2.8	24.865	—4.8	28.814	—0.1	32.743	0.5	106.799	0.2
18.902	102.3	21.891	—10.2	25.854	—2.9	29.798	0.1	38.817	0.5		
19.456	46.5	22.883	—9.9	26.842	—1.5	30.781	0.3	44.202	0.5		
19.900	28.2	23.873	—7.0	27.828	—0.8	31.762	0.5	54.875	0.4		

* Die Curve Ak N:o 7. Min. = —5.20.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	130.3	20.896	13.9	24.865	—4.1	28.814	—0.4	32.743	0.5	38.817	0.5
18.902	114.0	21.891	—0.2	25.854	—3.0	29.798	0.0	33.723	0.5	44.202	0.4
19.456	67.3	22.883	—4.7	26.842	—1.9	30.781	0.2	34.701	0.6	54.875	0.4
19.900	44.4	23.873	—5.2	27.828	—1.1	31.762	0.3	36.654	0.5	106.799	0.3

* Die Curve Ak N:o 8. Min. = −2.20.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	132.5	21.891	10.9	25.854	−2.1	29.798	−0.1	33.723	0.7	38.817	0.6
18.902	121.6	22.883	2.3	26.842	−1.6	30.781	0.1	34.701	0.7	44.202	0.5
19.900	61.3	23.873	−1.2	27.828	−1.0	31.762	0.2	35.678	0.7	54.875	0.5
20.896	27.2	24.865	−2.1	28.814	−0.6	32.743	0.5	36.654	0.7	106.799	0.4

* Die Curve Ak N:o 9. Min. = −0.60.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	138.2	21.891	21.1	25.854	0.0	29.798	−0.1	33.723	0.7	44.202	0.8
18.902	130.2	22.883	10.3	26.842	−0.5	30.781	0.1	34.701	0.8	54.875	0.8
19.900	81.4	23.873	4.5	27.828	−0.6	31.762	0.3	36.654	0.8	106.799	0.7
20.896	41.2	24.865	1.3	28.814	−0.3	32.743	0.5	38.817	0.8	157.489	0.5

* Die Curve Ak N:o 10. Min. = 0.25.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	140.0	21.891	31.1	25.854	2.8	29.798	0.3	33.723	0.6	44.202	0.8
18.902	133.2	22.883	17.8	26.842	1.5	30.781	0.2	34.701	0.7	54.875	0.8
19.900	85.5	23.873	10.0	27.828	0.8	31.762	0.3	36.654	0.8	106.799	0.7
20.896	51.9	24.865	5.3	28.814	0.3	32.743	0.5	38.817	0.8	157.489	0.5

* Die Curve Ak N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	138.2	21.891	37.2	25.854	5.8	29.798	1.2	33.723	0.9	44.202	0.9
18.902	129.6	22.883	23.3	26.842	3.6	30.781	1.0	34.701	0.9	54.875	0.9
19.900	87.0	23.873	14.4	27.828	2.3	31.762	1.0	36.654	0.9	106.799	0.8
20.896	58.2	24.865	9.3	28.814	1.8	32.743	0.9	38.601	0.9	157.489	0.7

* Die Curve Ak N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	139.2	21.891	46.2	25.854	9.3	29.798	2.2	33.723	1.0	44.202	0.8
18.902	132.0	22.883	30.1	26.842	6.4	30.781	1.8	34.701	0.95	54.875	0.75
19.900	92.2	23.873	19.9	27.828	4.7	31.762	1.2	36.654	0.9	106.799	0.6
20.896	66.3	24.865	13.3	28.814	3.1	32.743	1.1	38.817	0.85	157.489	0.5

* Die Curve Ak N:o 13.

t	q	t	t	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	140.9	22.883	36.2	27.828	7.1	32.743	1.8	38.817	0.95	106.799	0.7
18.902	134.2	23.873	25.1	28.814	5.1	33.723	1.4	40.974	0.95	157.489	0.6
19.900	97.4	24.865	17.8	29.798	3.9	34.701	1.15	43.127	0.9	208.343	0.5
20.896	71.4	25.854	13.0	30.781	2.9	35.678	1.05	44.417	0.9		
21.891	51.0	26.842	9.5	31.762	2.2	36.654	1.0	54.875	0.85		

* Die Curve Ak N:o 14.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	140.7	22.883	42.0	27.828	9.6	32.743	2.6	38.817	1.0	106.799	0.7
18.902	134.3	23.873	30.7	28.814	7.2	33.723	2.05	40.974	0.95	157.489	0.6
19.900	101.4	24.865	22.5	29.798	5.5	34.701	1.8	43.127	0.9	208.343	0.5
20.896	75.1	25.854	17.0	30.781	4.1	35.678	1.6	47.417	0.8		
21.891	56.9	26.842	12.8	31.762	3.15	36.654	1.35	54.875	0.75		

Die Curve Ak N:o 15.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	148.0	24.865	62.4	31.762	24.1	38.601	9.9	45.382	4.2	75.890	0.9
18.902	144.2	25.854	55.1	32.743	21.3	39.572	8.8	46.346	3.85	86.262	0.85
19.900	125.8	26.842	47.6	33.723	18.6	40.543	7.8	48.486	3.05	106.799	0.8
20.896	109.3	27.828	42.2	34.701	16.2	41.513	6.8	50.620	2.5	157.489	0.75
21.891	97.2	28.814	36.6	35.678	14.2	42.481	6.0	52.750	2.05	208.343	0.7
22.883	82.9	29.798	32.1	36.654	12.7	43.450	5.2	54.875	1.8		
23.873	72.0	30.781	27.8	37.628	11.1	44.417	4.8	65.432	1.0		

Die Curve Al N:o 1. Min = — 50.06.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	84.6	20.896	— 33.9	24.865	— 8.4	28.814	— 2.0	32.743	— 0.3	54.875	0.15
18.902	23.7	21.891	— 24.3	25.854	— 6.0	29.798	— 1.4	34.484	— 0.15	106.799	0.15
19.456	— 48.4	22.883	— 17.0	26.842	— 4.15	30.781	— 1.0	36.654	0.0	157.489	0.15
19.900	— 47.3	23.873	— 11.6	27.828	— 3.0	31.762	— 0.65	44.202	0.1	208.343	0.15

Die Curve Al N:o 2. Min. = — 41.59.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	90.5	21.891	— 22.8	26.824	— 3.9	31.762	— 0.5	36.654	0.15	106.799	0.25
18.902	34.1	22.883	— 16.2	27.828	— 2.7	32.743	— 0.2	38.817	0.2	157.489	0.25
19.456	— 37.0	23.873	— 11.1	28.814	— 1.85	33.723	0.0	44.202	0.25	208.343	0.2
19.900	— 41.5	24.865	— 7.8	29.798	— 1.2	34.701	0.05	54.875	0.35		
20.896	— 31.7	25.854	— 5.8	30.781	— 0.9	35.678	0.1	81.086	0.3		

Die Curve Am N:o 1. Min. = — 27.08.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	95.4	21.891	— 18.3	26.842	— 7.8	31.762	— 3.15	40.974	— 0.5	81.086	0.35
18.902	51.1	22.883	— 16.2	27.828	— 6.5	32.743	— 2.6	43.127	— 0.1	106.799	0.3
19.456	— 27.1	23.873	— 13.0	28.814	— 5.6	34.484	— 1.9	45.275	0.0	157.489	0.25
19.900	— 26.1	24.865	— 10.9	29.798	— 4.8	36.654	— 1.1	49.553	0.1	208.343	0.2
20.896	— 22.0	25.854	— 9.1	30.781	— 4.0	38.817	— 0.8	54.875	0.2		

Die Curve Am N:o 2. Min. = — 22.86.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	87.1	21.891	— 16.2	26.842	— 6.8	31.762	— 2.7	40.974	— 0.2	81.086	0.2
18.902	39.2	22.883	— 13.6	27.828	— 5.8	32.743	— 2.1	43.127	— 0.15	106.799	0.2
19.456	— 22.4	23.873	— 11.1	28.814	— 4.8	34.484	— 1.6	45.275	— 0.1	157.489	0.2
19.900	— 22.7	24.865	— 9.3	29.798	— 3.9	36.654	— 1.0	49.553	0.0	208.343	0.1
20.896	— 19.1	25.854	— 8.0	30.781	— 3.1	38.817	— 0.5	54.875	0.15		

N:o 1.

Die Curve Am N:o 3. Min. = — 17.31.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	105.3	21.891	— 13.6	26.842	— 5.7	31.762	— 2.1	40.974	— 0.1	81.086	0.45
18.902	51.9	22.883	— 11.4	27.828	— 4.8	32.743	— 1.8	43.127	0.05	106.799	0.4
19.456	— 9.8	23.873	— 9.6	28.814	— 4.0	34.484	— 1.1	45.275	0.25	157.489	0.35
19.900	— 16.7	24.865	— 7.9	29.798	— 3.2	36.654	— 0.8	49.553	0.4	208.343	0.3
20.896	— 16.2	25.854	— 6.8	30.781	— 2.7	38.817	— 0.3	54.875	0.45		

Die Curve Am N:o 4. Min. = — 13.20.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	106.6	21.891	— 11.95	26.842	— 5.0	31.762	— 1.9	40.974	0.1	81.086	0.6
18.902	78.9	22.883	— 10.0	27.828	— 4.0	32.743	— 1.35	43.127	0.35	106.799	0.4
19.456	3.9	23.873	— 8.2	28.814	— 3.25	34.484	— 1.0	45.275	0.4	157.489	0.35
19.900	— 6.9	24.865	— 7.0	29.798	— 2.8	36.654	— 0.5	49.553	0.65	208.343	0.3
20.896	— 13.3	25.854	— 5.9	30.781	— 2.2	38.817	— 0.1	54.875	0.65		

Die Curve Am N:o 5. Min. = — 9.83.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	117.4	21.891	— 9.5	26.842	— 4.1	31.762	— 1.3	40.974	0.25	81.086	0.6
18.902	86.3	22.883	— 8.4	27.828	— 3.4	32.743	— 1.0	43.127	0.45	106.799	0.55
19.456	25.4	23.873	— 7.0	28.814	— 2.8	34.484	— 0.7	45.275	0.45	157.489	0.5
19.900	5.9	24.865	— 6.0	29.798	— 2.2	36.654	— 0.2	49.553	0.55	208.343	0.45
20.896	— 8.2	25.854	— 5.0	30.781	— 1.8	38.817	0.1	54.875	0.6		

Die Curve Am N:o 6. Min. = — 5.57.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	128.0	21.891	— 3.1	26.842	— 3.2	31.762	— 1.0	40.974	0.55	81.086	0.7
18.902	112.3	22.883	— 5.3	27.828	— 2.75	32.743	— 0.8	43.127	0.6	106.799	0.65
19.456	53.3	23.873	— 5.2	28.814	— 2.2	34.484	— 0.3	45.275	0.7	157.489	0.6
19.900	30.1	24.865	— 4.7	29.798	— 1.85	36.654	— 0.05	49.553	0.75	208.343	0.55
20.896	4.9	25.854	— 4.0	30.781	— 1.3	38.817	0.2	54.875	0.75		

Die Curve Am N:o 7. Min. = — 1.90.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	137.2	22.883	5.9	27.828	— 1.85	32.743	— 0.7	43.127	0.7	106.799	0.7
18.902	124.0	23.873	1.1	28.814	— 1.7	34.484	— 0.2	45.275	0.75	157.489	0.65
19.900	62.3	24.865	— 1.0	29.798	— 1.3	36.654	0.0	49.553	0.75	208.343	0.6
20.896	31.0	25.854	— 1.75	30.781	— 1.0	38.817	0.25	54.875	0.75		
21.891	14.2	26.842	— 1.9	31.762	— 0.85	40.974	0.55	81.086	0.75		

Die Curve Am N:o 8. Min. = — 0.17.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	142.2	22.883	19.5	27.828	0.9	32.743	— 0.1	43.127	0.8	106.799	0.8
18.902	131.9	23.873	11.6	28.814	0.35	34.484	0.0	45.275	0.8	157.489	0.75
19.900	82.4	24.865	6.65	29.798	— 0.05	36.654	0.3	49.553	0.85	208.343	0.7
20.896	52.0	25.854	3.8	30.781	— 0.15	38.817	0.5	54.875	0.85		
21.891	31.9	26.842	2.0	31.762	— 0.1	40.974	0.7	81.086	0.85		

* Die Curve Am N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	145.4	22.883	33.2	27.828	5.1	32.743	0.95	38.817	0.7	54.875	0.85
18.902	137.7	23.873	22.6	28.814	3.4	33.723	0.8	40.974	0.8	65.432	0.8
19.900	97.3	24.865	15.2	29.798	2.35	34.701	0.7	43.127	0.8	106.799	0.75
20.896	68.2	25.854	11.0	30.781	1.75	35.678	0.6	45.275	0.85	157.489	0.65
21.891	47.9	26.842	7.25	31.762	1.1	36.654	0.65	49.553	0.85	208.343	0.6

* Die Curve Am N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	149.2	22.883	55.5	27.828	17.2	32.743	5.25	43.127	1.0	65.432	0.8
18.902	142.8	23.873	44.2	28.814	13.25	34.484	3.7	45.275	0.95	81.086	0.75
19.900	112.7	24.865	34.1	29.798	10.95	36.654	2.35	47.417	0.9	106.799	0.7
20.896	89.3	25.854	27.3	30.781	8.4	38.817	1.75	49.553	0.9	157.489	0.65
21.891	71.2	26.842	21.8	31.762	6.8	40.974	1.2	54.875	0.85	208.343	0.6

* Die Curve Am N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	152.1	22.883	68.5	27.828	25.9	32.743	10.0	43.127	1.9	65.432	0.8
18.902	146.2	23.873	55.1	28.814	21.3	34.484	7.2	45.275	1.55	81.086	0.8
19.900	120.3	24.865	45.2	29.798	17.5	36.654	4.9	47.417	1.1	106.799	0.7
20.896	98.7	25.854	37.4	30.781	14.4	38.817	3.3	49.553	1.0	157.489	0.6
21.891	81.4	26.842	31.5	31.762	11.9	40.974	2.4	54.875	0.9	208.343	0.5

* Die Curve Am N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	152.2	22.883	84.2	27.828	41.8	32.743	20.6	43.127	5.1	65.432	1.0
18.902	148.9	23.873	72.3	28.814	36.0	34.484	16.1	45.275	3.9	81.086	0.85
19.900	128.6	24.865	62.4	29.798	31.3	36.654	11.8	47.417	3.0	106.799	0.75
20.896	112.0	25.854	54.2	30.781	27.0	38.817	8.9	49.553	2.6	157.489	0.6
21.891	97.0	26.842	47.7	31.762	23.3	40.974	6.7	54.875	1.7	208.343	0.5

* Die Curve Am N:o 13.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	154.2	22.883	103.8	27.828	65.0	32.743	40.9	43.127	15.5	65.432	2.3
18.902	151.9	23.873	94.1	28.814	60.1	34.484	34.9	45.275	12.8	81.086	1.05
19.900	138.2	24.865	85.7	29.798	54.3	36.654	28.3	47.417	10.5	106.799	0.75
20.896	126.2	25.854	78.4	30.781	49.2	38.817	23.2	49.553	8.75	157.489	0.65
21.891	114.4	26.842	71.5	31.762	44.9	40.974	18.9	54.875	5.5	208.343	0.6

Die Curve An N:o 1. Min. = — 13.40.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	79.1	21.891	— 11.0	26.842	— 7.0	31.762	— 4.3	36.654	— 2.7	54.875	— 0.3
18.902	30.1	22.883	— 10.0	27.828	— 6.25	32.743	— 4.0	38.817	— 2.1	81.086	0.15
19.456	— 13.2	23.873	— 9.0	28.814	— 5.8	33.723	— 3.6	40.974	— 1.8	106.799	0.3
19.900	— 13.0	24.865	— 8.1	29.798	— 5.15	34.701	— 3.3	43.127	— 1.4	157.489	0.35
20.896	— 12.0	25.854	— 7.6	30.781	— 4.8	35.678	— 3.0	49.553	— 0.8	208.343	0.35

Die Curve An N:o 2. Min. = — 11.52.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	93.6	21.891	— 9.4	26.842	— 6.15	31.762	— 4.0	36.654	— 2.5	54.875	— 0.3
18.902	46.2	22.883	— 8.8	27.828	— 5.7	32.743	— 3.6	38.817	— 2.0	81.086	0.1
19.456	— 11.1	23.873	— 8.0	28.814	— 5.15	33.723	— 3.1	40.974	— 1.7	106.799	0.3
19.900	— 11.1	24.865	— 7.3	29.798	— 4.8	34.701	— 3.0	43.127	— 1.2	157.489	0.35
20.896	— 10.2	25.854	— 6.75	30.781	— 4.3	35.678	— 2.75	49.553	— 0.7	208.343	0.2

Die Curve An N:o 3. Min. = — 8.83.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	103.4	20.896	— 8.6	24.865	— 6.0	28.814	— 4.05	44.202	— 0.75	157.489	0.45
18.902	64.2	21.891	— 7.9	25.854	— 5.5	31.217	— 3.2	54.875	0.0	208.343	0.4
19.456	— 2.8	22.883	— 7.0	26.842	— 5.0	33.396	— 2.5	81.086	0.5		
19.900	— 8.0	23.873	— 6.4	27.828	— 4.6	38.817	— 1.5	106.799	0.55		

Die Curve An N:o 4. Min. = — 7.00.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	109.3	20.896	— 6.9	24.865	— 5.0	28.814	— 3.5	44.202	— 0.6	157.489	0.45
18.902	83.1	21.891	— 6.8	25.854	— 4.7	31.217	— 2.75	54.875	0.0	208.343	0.4
19.456	9.8	22.883	— 6.1	26.842	— 4.25	33.396	— 2.1	81.086	0.45		
19.900	— 2.1	23.873	— 5.7	27.828	— 3.9	38.817	— 1.1	106.799	0.5		

Die Curve An N:o 5. Min. = — 5.10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	120.1	20.896	— 3.2	24.865	— 4.05	28.814	— 2.85	44.202	— 0.3	157.489	0.45
18.902	88.5	21.891	— 5.0	25.854	— 3.8	31.217	— 2.15	54.875	0.1	208.343	0.35
19.456	27.9	22.883	— 5.0	26.842	— 3.5	33.396	— 1.8	81.086	0.4		
19.900	10.2	23.873	— 4.7	27.828	— 3.1	38.817	— 1.0	106.799	0.5		

Die Curve An N:o 6. Min. = — 3.03.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	127.4	21.891	— 0.2	25.854	— 2.8	31.217	— 1.6	54.875	0.25	208.343	0.4
18.902	106.1	22.883	— 2.5	26.842	— 2.6	33.396	— 1.15	81.086	0.6		
19.900	30.4	23.873	— 3.05	27.828	— 2.25	38.817	— 0.6	106.799	0.75		
20.896	7.9	24.865	— 3.0	28.814	— 2.0	44.202	— 0.1	157.489	0.55		

Die Curve An N:o 7. Min. = — 1.00.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	137.0	22.883	7.4	27.828	— 1.0	32.743	— 0.75	44.202	0.15	208.343	0.6
18.902	124.2	23.873	3.0	28.814	— 1.0	33.723	— 0.5	54.875	0.65		
19.900	64.3	24.865	0.8	29.798	— 1.0	35.570	— 0.3	81.086	0.8		
20.896	32.3	25.854	— 0.3	30.781	— 0.95	37.736	— 0.1	106.799	0.7		
21.891	16.6	26.842	— 0.9	31.762	— 0.9	39.896	— 0.05	157.489	0.65		

Die Curve An N:o 8. Min. = — 0.10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	142.2	22.883	21.2	27.828	1.6	32.743	— 0.05	38.817	0.1	54.875	0.75
18.902	133.1	23.873	12.4	28.814	0.85	33.723	— 0.1	40.974	0.25	81.086	0.8
19.900	85.5	24.865	7.4	29.798	0.35	34.701	— 0.1	43.127	0.35	106.799	0.75
20.896	53.2	25.854	4.8	30.781	0.0	35.678	— 0.05	45.275	0.45	157.489	0.7
21.891	33.2	26.842	2.8	31.762	— 0.05	36.654	— 0.05	49.553	0.65	208.343	0.6

Die Curve An N:o 9. Min. = 0.43.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	147.2	23.873	23.2	29.798	2.8	35.678	0.5	41.513	0.5	81.086	0.75
18.902	136.0	24.865	16.7	30.781	2.0	36.654	0.45	42.481	0.5	106.799	0.75
19.900	96.8	25.854	11.7	31.762	1.3	37.628	0.45	43.450	0.55	157.489	0.7
20.896	68.7	26.842	7.9	32.743	1.0	38.601	0.4	46.346	0.65	208.343	0.65
21.891	48.2	27.828	5.8	33.723	0.8	39.572	0.45	49.553	0.75		
22.883	33.8	28.814	3.9	34.701	0.6	40.543	0.5	54.875	0.75		

* Die Curve An N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	149.7	23.873	43.9	29.798	11.1	35.678	3.0	47.417	0.8	106.799	8.75
18.902	143.2	24.865	34 6	30.781	8.9	36.654	2.5	49.553	0.8	157.489	0.7
19.900	113.9	25.854	28.1	31.762	7.0	38.817	1 75	54.875	0.8	208.343	0.65
20.896	89.3	26.842	22.2	32.743	5.8	40.974	1.2	65.432	0.85		
21.891	71.5	27.828	17.8	33.723	4.5	43.127	1.0	75.890	0.85		
22.883	56.2	28.814	14.0	34.701	3.7	45.275	0.9	86.262	0.8		

* Die Curve An N:o 11.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	150.8	23.873	55.7	29.798	17.7	35.678	6.0	47.417	1.0	86.262	0.75
18.902	147.2	24.865	45.4	30.781	14.6	36.654	4.9	49.553	1 0	106.799	0.7
19.900	121.4	25.854	37.9	31.762	12.1	38.817	3.3	51.686	0.9	157.489	0.6
20.896	99.5	26.842	31.3	32.743	10.0	40.974	2.4	54.875	0.8	208.343	0.5
21.891	82.3	27.828	26.1	33.723	8.2	43.127	1.8	65.432	0.75		
22.883	68.2	28.814	21.6	34.701	7.0	45.275	1.3	75.890	0.75		

* Die Curve An N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	151.2	23.873	64 9	29.798	24.2	35.678	9.5	47.417	1.95	106.799	0.7
18.902	147.4	24.865	54.5	30.781	20.5	36.654	8.1	49.553	1.55	157.489	0.65
19.900	125.1	25.854	46.9	31.762	17.9	38.817	5.9	54.875	1.0	208.343	0.6
20.896	105.8	26.842	39.9	32.743	15.0	40.974	4.2	65.432	0.85		
21.891	90.7	27.828	34.0	33.723	12.9	43.127	3.1	75.890	0.8		
22.883	76.3	28.814	28.6	34.701	10.9	45.275	2.4	86.262	0.8		

* Die Curve An N:o 13.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	152.3	23.873	73.0	29.798	31.9	35.678	13.8	47.417	3.0	86.262	0.85
18.902	148.9	24.865	62.6	30.781	27.3	36.654	12.0	49.553	2.5	96.560	0.85
19.900	129.0	25.854	51.8	31.762	23.8	38.817	9.0	54.875	1.7	106.799	0.8
20.896	112.1	26.842	47.6	32.743	20.6	40.974	6.8	60.166	1.1	157.489	0.75
21.891	97.3	27.828	41.8	33.723	18 0	43.127	5.1	65.432	1.0	208.343	0.7
22.883	84.3	28.814	36.2	34.701	15.5	45.275	4.0	75.890	0.9		

* Die Curve An N:o 14.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	154.0	23.873	85.3	29.798	43.9	35.678	22.8	47.417	6.2	86.262	0.85
18.902	151.2	24.865	76.4	30.781	39.2	36.654	20.3	49.553	5.1	96.560	0.75
19.900	135.1	25.854	68.5	31.762	34.9	38.817	16.0	54.875	3.0	106.799	0.75
20.896	118.4	26.842	61.3	32.743	31.1	40.974	12.5	60.166	2.05	127.143	0.7
21.891	107.2	27.828	54.4	33.723	27.6	43.127	10.0	65.432	1.5	157.489	0.65
22.883	96.4	28.814	48.7	34.701	25.0	45.275	8.0	75.890	1.0	208.343	0.6

* Die Curve An N:o 15.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	154.2	23.873	94.3	29.798	54.4	35.678	31.2	47.417	10.5	86.262	1.0
18.902	151.9	24.865	86.3	30.781	49.4	36.654	28.5	49.553	8.9	96.560	0.9
19.900	138.3	25.854	78.3	31.762	45.2	38.817	23.6	54.875	5.7	106.799	0.8
20.896	125.5	26.842	72.1	32.743	41.2	40.974	19.0	60.166	3.7	127.143	0.8
21.891	114.8	27.828	65.3	33.723	37.3	43.127	15.8	65.432	2.5	157.489	0.7
22.883	104.9	28.814	59.5	34.701	34.2	45.275	13.0	75.890	1.4	208.343	0.6

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Entladungscurven).

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ba № 1.	Die Curve Aa № 1.							
Ba № 2.	10090.9	0.60	66.40	1 Acc.	511.0	157.08	2000	20°.8
Bb № 1.	Die Curve Ab № 1.							
Bb № 2.	7005.1	0.60	66.40	1 Acc.	511.0	157.08	2000	21°.0
Bb № 3.	7005.3	0.60	302.25	1 Acc.	511.0	157.09	2000	21°.2
Bb № 4.	7004.9	0.60	489.29	1 Acc.	511.0	157.09	2000	20°.8
Bb № 5.	7005.0	0.60	811.25	1 Acc.	511.0	157.03	2000	20°.9

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Bb № 6.	7005.1	0.60	1132.5	1 Acc.	511.0	157.08	2000	21°.0
Bb № 7.	7005.1	0.60	1455.1	1 Acc.	511.0	157.08	2000	21°.0
Bb № 8.	7005.1	0.60	1616.0	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.0
Bb № 9.	7005.1	0.60	1679.6	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.0
Bb № 10.	7005.1	0.60	2600.9	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.0
Bc № 1.	Die Curve Ac № 1.							
Bc № 2.	5244.3	0.60	66.39	1 Acc.	510.8	157.09	2000	19°.5
Bd № 1.	Die Curve Ad № 1.							
Bd № 2.	3500.4	0.60	66.40	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.1
Bd № 3.	3500.6	0.60	302.26	1 Acc.	510.9	157.10	2000	20°.5
Bd № 4.	3500.6	0.60	489.31	1 Acc.	510.9	157.10	2000	20°.5
Bd № 5.	3500.9	0.60	811.2	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.0
Bd № 6.	3500.9	0.60	1132.4	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.0
Bd № 7.	3501.0	0.60	1454.5	1 Acc.	511.0	157.10	2000	21°.1
Bd № 8.	3501.0	0.60	1777.7	1 Acc.	511.0	157.11	2000	21°.1
Bd № 9.	3501.0	0.60	2601.0	1 Acc.	511.0	157.14	2000	21°.1
Bd № 10.	3501.0	0.60	6105.2	1 Acc.	511.0	157.09	2000	21°.1
Be № 1.	Die Curve Af № 1.							
Be № 2.	1750.8	0.60	66.39	1 Acc.	510.8	157.09	2000	19°.5
Bf № 1.	Die Curve Ag № 1.							
Bf № 2.	875.1	0.60	66.39	1 Acc.	510.8	157.09	2000	19°.5
Bf № 3.	875.2	0.60	302.25	1 Acc.	510.9	156.96	2000	20°.3
Bf № 4.	875.2	0.60	489.35	1 Acc.	510.9	157.10	2000	20°.5
Bf № 5.	875.2	0.60	811.3	1 Acc.	510.9	157.08	2000	20°.6
Bf № 6.	875.2	0.60	1454.4	1 Acc.	510.9	156.99	2000	20°.6
Bf № 7.	875.2	0.60	1939.4	1 Acc.	510.9	157.04	2000	20°.2

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Bf № 8.	875.2	0.60	2103.6	1 Acc.	510.9	157.02	200	20°.2
Bf № 9.	875.2	0.60	2600.6	1 Acc.	510.9	157.01	2000	20°.2
Bf № 10.	875.2	0.60	5247.9	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.2
Bg № 1.	Die Curve Ah № 1.							
Bg № 2.	579.82	0.60	66.39	1 Acc.	510.8	156.90	2000	19°.4
Bh № 1.	Die Curve Ak № 1.							
Bh № 2.	288.7	0.60	66.39	1 Acc.	510.9	156.94	2000	19°.7
Bh № 3.	288.7	0.60	302.22	1 Acc.	510.9	156.92	2000	19°.7
Bh № 4.	288.7	0.60	489.3	1 Acc.	510.9	156.98	2000	19°.7
Bh № 5.	288.7	0.60	811.2	1 Acc.	510.9	156.96	2000	19°.7
Bh № 6.	288.7	0.60	1454.2	1 Acc.	510.9	156.98	2000	19°.7
Bh № 7.	288.7	0.60	2103.5	1 Acc.	510.9	157.03	2000	19°.8
Bh № 8.	288.7	0.60	2277.1	1 Acc.	510.9	156.98	2000	19°.9
Bh № 9.	288.7	0.60	2440.5	1 Acc.	510.9	156.88	2000	20°.1
Bh № 10.	288.7	0.60	2759.6	1 Acc.	510.9	157.00	2000	20°.2
Bh № 11.	288.8	0.60	3088.3	1 Acc.	511.0	157.02	2000	20°.5
Bh № 12.	288.8	0.60	7007.6	1 Acc.	511.0	157.03	2000	20°.5
Bi № 1.	Die Curve Al № 1.							
Bi № 2.	193.15	0.60	66.40	1 Acc.	510.9	157.01	2000	20°.0
Bj № 1.	Die Curve Am № 1.							
Bj № 2.	98.31	0.60	66.40	1 Acc.	510.9	157.05	2000	20°.0
Bk № 1.	Die Curve An № 1.							
Bk № 2.	49.49	0.60	66.40	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.0
Bk № 3.	49.49	0.60	302.23	1 Acc.	510.9	157.08	2000	20°.0
Bk № 4.	49.49	0.60	489.3	1 Acc.	510.9	157.06	2000	20°.0
Bk № 5.	49.49	0.60	811.3	1 Acc.	510.9	157.10	2000	20°.0

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ
Bk № 6.	49.49	0.60	1454.2	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.0
Bk № 7.	49.49	0.60	2103.6	1 Acc.	510.9	157.07	2000	20°.0
Bk № 8.	49.49	0.60	2759.5	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.0
Bk № 9.	49.47	0.59	3953.6	1 Acc.	510.6	156.91	2000	17°.4
Bk № 10.	49.47	0.59	6589.3	1 Acc.	510.7	156.92	2000	18°.0
Bk № 11.	49.47	0.59	10088.5	1 Acc.	510.7	156.95	2000	18°.0

Die Curve Ba N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	88.4	25.854	— 56.7	34.701	— 25.8	43.450	3.2	52.112	3.7	60.693	0.3
18.902	26.3	26.842	31.5	35.678	— 19.6	44.417	— 7.0	53.069	1.8	61.643	1.4
19.456	— 108.3	27.828	68.5	36.654	8.0	45.382	— 6.2	54.025	— 1.5	62.591	1.0
19.900	— 158.1	28.814	13.0	37.628	20.8	46.346	1.2	54.981	— 1.8	63.538	0.0
20.896	— 114.3	29.798	— 46.2	38.601	6.9	47.310	6.4	55.936	0.7	64.485	— 0.1
21.891	54.3	30.781	— 34.7	39.572	— 12.6	48.272	3.0	56.889	2.1	65.432	0.5
22.883	125.6	31.762	19.8	40.543	— 11.0	49.233	— 2.8	57.841	1.4	106.799	0.4
23.873	5.8	32.743	37.1	41.513	3.2	50.194	— 3.5	58.793	— 0.2	157.489	0.3
24.865	— 91.2	33.723	2.0	42.481	11.3	51.153	0.9	59.744	— 1.0	208.343	0.2

Maxima und Minima der Curve Ba N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 173.15	3	70.29	6	— 27.26	9	11.14	12	— 4.10	15	2.00
1	129.28	4	— 50.79	7	21.02	10	— 8.00	13	3.63	16	- 1.90
2	— 93.91	5	38.19	8	— 14.19	11	6.20	14	— 2.07	17	1.20

N:o 1.

Die Curve Bb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	105.1	24.865	— 74.2	32.743	28.2	40.543	— 6.9	48.272	2.0	55.936	0.6
18.902	72.0	25.854	— 59.1	33.723	7.5	41.513	2.0	49.233	— 1.2	56.889	1.1
19.456	— 59.2	26.842	22.7	34.701	— 16.2	42.481	7.0	50.194	— 1.6	57.841	0.9
19.900	— 149.9	27.828	58.3	35.678	— 14.1	43.450	3.7	51.153	0.8	59.744	— 0.1
20.896	— 121.9	28.814	14.9	36.654	6.3	44.417	— 3.1	52.112	2.0	65.432	0.4
21.891	37.7	29.798	— 34.0	37.628	14.1	45.382	— 3.5	53.069	1.1	106.799	0.5
22.883	118.6	30.781	— 28.6	38.601	6.3	46.346	1.1	54.025	— 0.5	157.489	0.45
23.873	25.3	31.762	8.0	39.572	— 6.5	47.310	3.8	54.981	— 0.8	208.343	0.45

Maxima und Minima der Curve Bb N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 168.80	3	58.42	6	— 19.15	9	7.07	12	— 1.93	15	1.13
1	119.28	4	— 39.78	7	14.13	10	— 4.23	13	2.00	16	— 0.10
2	— 82.38	5	28.60	8	— 9.07	11	3.70	14	— 0.80		

* Die Curve Bb N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	105.2	21.891	6.3	26.842	0.6	31.762	1.75	36.654	0.8	106.799	0.5
18.902	80.2	22.883	37.1	27.828	3.8	32.743	1.1	37.628	0.8	157.489	0.45
19.456	— 30.5	23.875	12.1	28.814	— 1.1	33.723	0.5	38.601	0.8	208.343	0.4
19.900	— 75.3	24.865	— 12.0	29.798	— 2.0	34.701	0.0	44.202	0.65		
20.896	— 66.4	25.854	— 12.0	30.781	0.1	35.678	0.5	54.875	0.55		

Maxima und Minima der Curve Bb N:o 3.

N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 86.32	2	— 14.83	4	— 2.10	6	0.00
1	37.28	3	7.00	5	1.77	7	0.83

* Die Curve Bb N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	124.3	22.883	14.4	28.814	1.7	157.489	0.3
18.902	101.4	23.873	11.0	29.798	0.9	208.343	0.25
19.456	18.0	24.865	— 0.2	30.781	0.2		
19.900	— 26.1	25.854	— 3.8	31.762	0.2		
20.896	— 49.7	26.842	— 1.0	54.875	0.5		
21.891	— 12.0	27.828	1.4	106.799	0.35		

Max. und Min.

№	q
0	— 52.70
1	16.00
2	— 3.77
3	1.90
4	0.20
5	0.87

* Die Curve Bb N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	133.8	20.896	— 20.1	24.865	1.9	28.814	0.8	157.489	0.35
18.902	113.5	21.891	— 11.0	25.854	0.8	29.798	0.8	208.343	0.3
19.456	46.3	22.883	0.2	26.842	0.5	54.875	0.65		
19.000	12.0	23.873	3.1	27.828	0.7	106.799	0.4		

Max. und Min.

№	q
0	— 20.08
1	3.27
2	0.50
3	0.83

* Die Curve Bb N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	135.4	20.896	0.0	23.873	0.6	26.842	0.8	157.489	0.35
18.902	119.3	21.891	— 4.2	24.865	0.9	54.875	0.55	208.343	0.3
19.900	38.1	22.883	— 1.5	25.854	0.9	106.799	0.45		

Max. und Min.

№	q
0	— 4.57
1	1.03

* Die Curve Bb N:o 7.

t	q	t	q
18.564	141.0	26.842	0.9
18.902	127.3	27.828	0.9
19.900	49.2	33.396	0.8
20.896	15.8	54.875	0.7
21.891	3.6	106.799	0.6
22.883	1.0	157.489	0.5
23.873	0.8	208.343	0.45
24.865	0.8		
25.854	0.9		

* Die Curve Bb N:o 8.

t	q	t	q
18.564	140.4	26.842	0.95
18.902	129.2	27.828	0.9
19.900	58.2	28.814	0.9
20.896	21.1	33.396	0.85
21.891	7.3	54.875	0.7
22.883	3.0	106.799	0.6
23.873	1.4	157.489	0.5
24.865	1.0	208.343	0.45
25.854	1.0		

* Die Curve Bb N:o 9.

t	q	t	q
18.564	139.4	26.842	0.95
18.902	130.3	27.828	0.9
19.900	79.2	28.814	0.85
20.896	23.1	33.396	0.8
21.891	9.0	54.875	0.7
22.883	3.7	106.799	0.55
23.873	1.8	157.489	0.45
24.865	1.0	208.343	0.4
25.854	1.0		

Die Curve Bb N:o 10.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	144.0	21.891	26.3	25.854	3.7	29.798	1.2	38.817	0.95	157.489	0.6
18.902	136.3	22.883	15.4	26.842	2.5	30.781	1.1	44.202	0.9	208.343	0.55
19.900	82.3	23.873	8.8	27.828	1.95	31.762	1.05	54.875	0.8		
20.896	45.2	24.865	5.5	28.814	1.5	32.743	1.0	106.799	0.7		

Die Curve Bc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	85.0	23.873	3.4	30.781	— 19.4	37.628	9.2	44.417	— 1.8	51.153	0.7
18.902	41.2	24.865	— 67.6	31.762	10.0	38.601	3.0	45.382	— 1.75	52.112	1.1
19.456	— 113.3	25.854	— 41.5	32.743	20.4	39.572	— 4.4	46.346	0.85	53.069	0.8
19.900	— 155.4	26.842	25.9	33.723	2.2	40.543	— 3.9	47.310	2.05	54.025	— 0.1
20.896	— 113.2	27.828	46.4	34.701	— 12.1	41.513	1.8	48.272	1.2	54.981	— 0.1
21.891	59.4	28.814	7.1	35.678	— 8.1	42.481	4.2	49.233	— 0.5	106.799	0.5
22.883	106.3	29.798	— 27.4	36.654	4.8	43.450	1.3	50.194	— 0.6	208.343	0.4

Maxima und Minima der Curve Bc N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 163.78	3	47.57	6	— 13.16	9	4.20	12	— 0.80
1	109.48	4	— 30.93	7	9.20	10	— 2.20	13	1.13
2	— 71.27	5	21.02	8	— 5.23	11	2.03	14	— 0.10

Die Curve Bd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	92.3	22.883	88.3	28.814	5.2	34.701	— 5.8	40.543	— 1.5	46.346	0.3
18.902	41.2	23.873	10.0	29.798	— 16.5	35.678	— 4.0	41.513	0.7	54.875	0.25
19.456	— 102.0	24.865	— 51.3	30.781	— 11.7	36.654	2.0	42.481	1.7	106.799	0.35
19.900	— 149.5	25.854	— 32.1	31.762	5.3	37.628	4.0	43.450	0.9	157.489	0.3
20.896	— 96.9	26.842	14.8	32.743	10.9	38.601	1.3	44.417	— 0.3	208.343	0.25
21.891	49.4	27.828	31.1	33.723	1.2	39.572	— 1.7	45.382	— 0.3		

Maxima und Minima der Curve Bd N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 154.98	2	— 53.27	4	— 18.04	6	— 5.98	8	— 1.83	10	— 0.37
1	92.32	3	32.05	5	11.11	7	4.07	9	1.77		

* Die Curve Bd N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	105.3	21.891	4.1	26.842	0.5	31.762	0.7	36.654	0.7
18.902	70.3	22.883	28.3	27.828	4.0	32.743	1.0	54.875	0.65
19.456	— 29.3	23.873	9.0	28.814	1.9	33.723	0.8	106.799	0.6
19.900	— 66.0	24.865	— 8.2	29.798	— 0.6	34.701	0.65	157.489	0.5
20.896	— 55.3	25.854	— 6.8	30.781	— 0.6	35.678	0.5	208.343	0.45

Max. und Min.

№	q
0	— 78.25
1	28.37
2	— 9.33
3	4.03
4	— 0.80

* Die Curve Bd N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	111.5	21.891	— 4.4	26.842	0.1	31.762	0.7	208.343	0.4
18.902	83.4	22.883	12.0	27.828	1.1	32.743	0.75		
19.456	— 3.9	23.873	6.0	28.814	1.0	54.875	0.75		
19.900	— 31.3	24.865	— 1.6	29.798	0.7	106.799	0.55		
20.896	— 40.2	25.854	— 2.0	30.781	0.55	157.489	0.45		

Max. und Min.

№	q
0	— 48.35
1	12.24
2	— 2.10
3	1.23
4	0.50

* Die Curve Bd N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	126.4	20.896	— 18.2	24.865	1.2	28.814	0.75	208.343	0.4
18.902	103.3	21.891	— 6.8	25.854	0.6	54.875	0.6		
19.456	34.2	22.883	1.8	26.842	0.65	106.799	0.5		
19.900	3.2	23.873	2.5	27.828	0.75	157.489	0.45		

Max. und Min.

№	q
0	— 18.57
1	2.90
2	0.63
3	0.93

* Die Curve Bd N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	129.8	20.896	— 3.0	23.873	0.8	26.842	0.7	157.489	0.5
18.902	113.3	21.891	— 3.2	24.865	0.8	54.875	0.6	208.343	0.5
19.900	21.3	22.883	— 0.1	25.854	0.7	106.799	0.55		

Max. und Min.

№	q
0	— 3.63
1	0.92

* Die Curve Bd N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	131.9	23.873	0.75	157.489	0.35
18.902	113.9	24.865	0.8	208.143	0.25
19.900	39.3	25.854	0.8	Max. und Min.	
20.896	8.0	26.842	0.8	№	q
21.891	1.1	54.875	0.6	0	0.42
22.883	0.4	106.799	0.5	1	0.80

* Die Curve Bd N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	133.9	23.873	1.1	31.217	0.8
18.902	120.7	24.865	0.95	33.396	0.75
19.900	48.3	25.854	0.95	54.875	0.65
20.896	16.5	26.842	0.9	106.799	0.55
21.891	5.9	27.828	0.85	157.489	0.45
22.883	2.3	28.814	0.85	208.343	0.4

Die Curve Bd N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	124.3	25.854	1.8	32.743	0.8
19.900	64.5	26.842	1.2	33.723	0.8
20.896	29.8	27.828	1.0	44.202	0.7
21.891	15.0	28.814	0.95	54.875	0.65
22.883	7.9	29.798	0.9	106.799	0.6
23.873	4.1	30.781	0.85	157.489	0.5
24.865	2.45	31.762	0.85	208.343	0.45

Die Curve Bd N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	131.0	25.854	6.6	32.743	1.2
19.900	86.4	26.842	4.7	33.723	1.1
20.896	54.6	27.828	3.5	34.701	1.0
21.891	35.3	28.814	2.7	35.678	1.0
22.883	23.1	29.798	2.05	36.654	0.95
23.873	14.9	30.781	1.75		
24.865	9.8	31.762	1.45		

* Die Curve Bd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	84.1	23.873	5.4	30.781	— 2.4	37.628	0.8
18.902	38.2	24.865	— 21.3	31.762	1.0	38.601	0.7
19.456	— 97.4	25.854	— 14.7	32.743	2.0	44.202	0.55
19.900	— 128.4	26.842	4.7	33.723	1.0	54.875	0.5
20.896	— 78.2	27.828	9.3	34.701	— 0.1	106.799	0.35
21.891	30.5	28.814	2.8	35.678	— 0.1	157.489	0.3
22.883	51.6	29.798	2.9	36.654	0.6	208.343	0.25

Max. und Min.

№	q
0	— 132.35
1	55.27
2	— 22.03
3	9.64
4	— 3.20
5	2.00
6	— 0.10

* Die Curve Bf N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	83.0	22.883	18.2	28.814	0.9	54.785	0.55
18.902	40.2	23.873	6.0	29.798	0.55	106.799	0.45
19.456	— 82.1	24.865	— 2.1	30.781	0.45	157.489	0.4
19.900	— 102.1	25.854	— 2.3	31.762	0.5	208.343	0.35
20.896	— 53.2	26.842	— 0.1	32.743	0.6		
21.891	6.0	27.828	0.9	33.723	0.65		

Max. und Min.

№	q
0	— 101.36
1	18.91
2	— 2.90
3	1.03
4	0.40
5	0.60

* Die Curve Bf N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	103.3	20.896	— 25.6	24.865	— 0.1	28.814	0.65	106.799	0.5
18.902	71.3	21.891	0.6	25.854	— 0.1	29.798	0.6	157.489	0.45
19.456	— 23.1	22.883	5.9	26.842	0.5	30.781	0.7	208.343	0.45
19.900	— 46.0	23.873	2.0	27.828	0.65	54.875	0.6		

Max. und Min.

№	q
0	— 47.18
1	6.07
2	— 0.10
3	0.80

* Die Curve Bf N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	104.7	19.900	— 27.1	22.883	3.0	25.854	0.5	106.799	0.5
18.902	72.3	20.896	— 16.0	23.873	1.1	26.842	0.65	157.489	0.4
19.456	— 10.0	21.891	0.0	24.865	0.5	27.828	0.7	208.343	0.35

Max. und Min.

№	q
0	— 29.09
1	3.03
2	0.40

* Die Curve Bf N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	112.2	19.900	— 7.2	22.883	1.2	25.854	0.8	106.799	0.45
18.902	81.4	20.896	— 7.6	23.873	1.0	26.842	0.8	157.489	0.4
19.456	9.8	21.891	— 0.2	24.865	0.8	54.875	0.75	208.343	0.35

Max. und Min.

№	q
0	— 12.03
1	1.15
2	0.65

* Die Curve Bf N:o 6.

t	q	t	q
18.564	117.3	26.842	0.8
18.902	88.7	54.875	0.75
19.900	8.6	106.799	0.65
20.896	— 0.6	157.489	0.6
21.891	0.3	208.343	0.55
22.883	0.85	Max. und Min.	
23.873	0.9		
24.865	0.85	0	—0.60
25.854	0.85	1	0.90

* Die Curve Bf N:o 7.

t	q	t	q
18.564	119.3	25.854	0.75
18.902	98.3	26.842	0.85
19.900	14.8	27.828	0.8
20.896	2.0	33.396	0.75
21.891	0.7	54.875	0.7
22.883	0.7	106.799	0.6
23.873	0.65	157.489	0.55
24.865	0.65	208.343	0.5

* Die Curve Bf N:o 8.

t	q	t	q
18.564	114.1	25.854	0.7
18.902	87.5	26.842	0.7
19.900	16.0	33.396	0.6
20.896	2.6	44.202	0.55
21.891	0.95	54.875	0.55
22.883	0.85	106.799	0.5
23.873	0.8	157.489	0.4
24.865	0.75	208.343	0.35

Die Curve Bf N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	129.0	24.865	0.85	44.202	0.65
18.902	106.6	25.854	0.8	54.875	0.6
19.900	23.4	26.842	0.8	106.799	0.55
20.896	4.2	29.033	0.75	157.489	0.5
21.891	1.5	31.217	0.75	208.343	0.45
22.883	0.9	33.396	0.75		
23.873	0.85	38.817	0.7		

Di Curve Bf N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	130.3	24.865	0.9	44.202	0.7
18.902	113.4	25.854	0.85	54.875	0.65
19.900	31.9	26.842	0.85	106.799	0.6
20.896	9.6	29.033	0.8	157.489	0.55
21.891	3.2	31.217	0.8	208.343	0.5
22.883	1.7	33.396	0.75		
23.873	1.05	38.817	0.75		

Die Curve Bg N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	79.3	20.896	— 39.9	24.865	0.7	28.814	0.35	157.489	0.15
18.902	14.0	21.891	— 4.7	25.854	0.0	29.798	0.25	208.343	0.15
19.456	— 73.6	22.883	4.3	26.842	0.0	54.875	0.25		
19.900	— 80.3	23.873	2.9	27.828	0.15	106.799	0.2		

Max. und Min.

№	q
0	— 80.32
1	4.73
2	0.00

Die Curve Bh N:o 2. Min. = — 47.18.

t	q	t	q	t	q
18.564	84.0	22.883	— 6.2	30.126	0.2
18.902	33.6	23.873	— 2.8	33.396	0.25
19.456	— 46.0	24.865	— 1.2	44.202	0.3
19.900	— 45.0	25.854	— 0.7	54.875	0.3
20.896	— 25.4	26.842	— 0.1	106.799	0.25
21.891	— 12.9	27.828	0.0	208.343	0.15

Die Curve Bh N:o 3. Min. = — 18.96.

t	q	t	q	t	q
18.564	86.4	22.883	— 0.1	30.126	0.6
18.902	43.5	23.873	0.45	33.396	0.4
19.456	— 17.7	24.865	0.5	44.202	0.3
19.900	— 17.9	25.854	0.55	54.875	0.3
20.896	— 6.8	26.842	0.65	106.799	0.25
21.891	— 1.3	27.828	0.65	208.343	0.15

Die Curve Bh N:o 4. Min. = — 11.40.

t	q	t	q	t	q
18.564	92.3	22.883	0.2	30.126	0.45
18.902	41.5	23.873	0.45	33.396	0.4
19.456	— 10.7	24.865	0.5	44.202	0.35
19.900	— 10.8	25.854	0.5	54.875	0.3
20.896	— 3.2	26.842	0.45	106.799	0.25
21.891	— 0.6	27.828	0.5	208.343	0.2

Die Curve Bh N:o 5. Min. = — 5.00.

t	q	t	q	t	q
18.564	94.2	22.883	0.7	30.126	0.6
18.902	46.8	23.873	0.7	33.396	0.6
19.456	— 3.3	24.865	0.65	44.202	0.65
19.900	— 4.8	25.854	0.65	54.875	0.65
20.896	— 1.0	26.842	0.6	106.799	0.5
21.891	0.5	27.828	0.6	208.343	0.45

Die Curve Bh N:o 6. Min. = — 0.83.

t	q	t	q	t	q
18.564	98.4	22.883	0.8	30.126	0.7
18.902	53.9	23.873	0.75	33.396	0.65
19.456	2.2	24.865	0.75	44.202	0.6
19.900	— 0.8	25.854	0.7	54.875	0.55
20.896	0.5	26.842	0.7	106.799	0.55
21.891	0.8	27.828	0.7	208.343	0.5

* Die Curve Bh N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	97.1	22.883	0.65	33.396	0.5
18.902	66.3	23.873	0.6	54.875	0.5
19.456	3.8	24.865	0.55	106.799	0.45
19.900	0.8	25.854	0.5	157.489	0.4
20.896	0.7	26.842	0.55	208.343	0.35
21.891	0.7	30.126	0.55		

* Die Curve Bh N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	101.3	22.883	0.6	54.875	0.5
18.902	63.8	23.873	0.65	106.799	0.35
19.456	4.8	24.865	0.65	157.489	0.3
19.900	1.0	25.854	0.6	208.343	0.25
20.896	0.6	26.842	0.6		
21.891	0.7	33.396	0.55		

* Die Curve Bh N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	105.2	22.883	0.6	54.875	0.4
18.902	83.3	23.873	0.6	106.799	0.35
19.456	8.9	24.865	0.6	157.489	0.3
19.900	1.4	26.842	0.55	208.343	0.25
20.896	0.65	30.126	0.5		
21.891	0.6	33.396	0.5		

N:o 1.

* Die Curve Bh N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	108.5	21.891	0.7	54.875	0.6
18.902	79.8	22.883	0.7	106.799	0.5
19.456	10.8	24.865	0.65	157.489	0.45
19.900	1.8	26.842	0.65	208.343	0.4
20.896	0.75	33.396	0.65		

Die Curve Bh N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.564	112.2	22.883	0.7	106.799	0.5
18.902	78.1	24.865	0.65	157.489	0.45
19.900	2.1	26.842	0.6	208.343	0.4
20.896	0.8	33.396	0.6		
21.891	0.75	54.875	0.55		

Die Curve Bh N:o 12.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	113.1	20.899	0.8	24.865	0.6	54.875	0.5	208.343	0.3
18.902	83.2	21.891	0.7	26.842	0.6	106.799	0.4		
19.900	2.9	22.883	0.65	33.396	0.55	157.489	0.35		

Die Curve Bi N:o 2. Min. = — 31.94.

t	q	t	q	t	q
18.564	96.3	23.873	— 4.7	38.817	0.25
18.902	47.2	24.865	— 3.0	44.202	0.2
19.456	— 30.7	25.854	— 1.95	54.875	0.2
19.900	— 30.3	26.842	— 1.0	106.799	0.2
20.896	— 19.9	29.033	— 0.1	157.489	0.15
21.891	— 12.3	31.217	0.05	208.343	0.15
22.883	— 7.9	33.396	0.25		

Die Curve Bj N:o 2. Min. = — 14.30.

t	q	t	q	t	q
18.564	93.1	23.873	— 4.0	38.817	0.15
18.902	48.2	24.865	— 3.0	44.202	0.25
19.456	— 14.0	25.854	— 2.1	54.875	0.25
19.900	— 13.0	26.842	— 1.6	106.799	0.2
20.896	— 10.0	29.033	— 0.85	157.489	0.2
21.891	— 7.3	31.217	— 0.2	208.343	0.2
22.883	— 5.5	33.396	0.05		

Die Curve Bk N:o 2. Min. = — 5.08.

t	q	t	q	t	q
18.564	102.3	23.873	— 2.05	38.817	0.15
18.902	34.1	24.865	— 1.7	44.202	0.25
19.456	— 5.1	25.854	— 1.2	54.875	0.3
19.900	— 4.8	26.842	— 1.0	106.799	0.25
20.896	— 3.9	29.033	— 0.6	157.489	0.2
21.891	— 3.1	31.217	— 0.3	208.343	0.2
22.883	— 2.6	33.396	0.0		

Die Curve Bk N:o 3. Min. = — 1.08.

t	q	t	q	t	q
18.564	93.3	23.873	0.25	38.817	0.35
18.902	48.4	24.865	0.3	44.202	0.35
19.456	— 1.1	25.854	0.35	54.875	0.3
19.900	— 0.9	26.842	0.35	106.799	0.3
20.896	— 0.2	29.033	0.35	157.489	0.25
21.891	0.0	31.217	0.35	208.343	0.2
22.883	0.15	33.396	0.35		

Die Curve Bk N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.564	99.0	21.891	0.25	44.202	0.45
18.902	49.0	22.883	0.4	54.875	0.45
19.456	— 0.6	24.865	0.45	106.799	0.4
19.900	— 0.2	26.842	0.5	157.489	0.35
20.896	0.1	33.396	0.5	208.343	0.35

Die Curve Bk N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	98.7	21.891	0.5	44.202	0.45
18.902	43.9	22.883	0.5	54.875	0.4
19.456	— 0.05	24.865	0.5	106.799	0.35
19.900	0.1	26.842	0.45	157.489	0.3
20.896	0.3	33.396	0.45	208.343	0.25

Die Curve Bk N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	95.4	21.891	0.5	44.202	0.4
18.902	54.2	22.883	0.5	54.875	0.4
19.456	0.1	24.865	0.5	106.799	0.4
19.900	0.4	26.842	0.5	157.489	0.35
20.896	0.5	33.396	0.45	208.343	0.35

* Die Curve Bk N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	98.3	21.891	0.5	44.202	0.45
18.902	66.3	22.883	0.5	54.875	0.4
19.456	0.45	24.865	0.5	106.799	0.4
19.900	0.35	26.842	0.5	157.489	0.35
20.896	0.5	33.396	0.45	208.343	0.3

* Die Curve Bk N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	97.1	21.891	0.2	106.799	0.1
18.902	48.0	22.883	0.15	157.489	0.1
19.456	0.15	26.842	0.15	208.343	0.1
19.900	0.2	33.396	0.1		
20.896	0.2	54.875	0.1		

* Die Curve Bk N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	80.6	21.891	0.3	106.799	0.25
18.902	24.9	22.883	0.3	157.489	0.2
19.456	0.35	26.842	0.35	208.343	0.2
19.900	0.3	33.396	0.3		
20.896	0.25	54.875	0.3		

* Die Curve Bk N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	77.9	21.891	0.4	106.799	0.2
18.902	36.8	22.883	0.4	157.489	0.15
19.456	0.35	26.842	0.35	208.343	0.1
19.900	0.45	33.396	0.3		
20.896	0.4	54.875	0.25		

* Die Curve Bk N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.564	75.1	21.891	0.4	106.799	0.25
18.902	31.8	22.883	0.4	157.489	0.25
19.456	0.35	26.842	0.35	208.343	0.2
19.900	0.4	33.396	0.3		
20.896	0.35	54.875	0.3		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Entladungscurven).

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0110$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ca № 1.	874.9	291.53	0.59	1 Acc.	510.7	156.97	2000	18°.2
Ca № 2.	875.1	291.62	64.02	1 Acc.	510.9	156.96	2000	20°.0
Ca № 3.	875.2	291.64	299.89	1 Acc.	510.9	156.96	2000	20°.2
Ca № 4.	875.3	291.66	487.00	1 Acc.	510.9	156.99	2000	20°.5
Ca № 5.	875.3	291.66	808.99	1 Acc.	510.9	156.95	2000	20°.5
Ca № 6.	875.2	291.64	1130.1	1 Acc.	510.9	156.99	2000	20°.2
Ca № 7.	875.1	291.62	1452.0	1 Acc.	510.9	157.06	2000	20°.0
Ca № 8.	875.1	291.62	5087.5	1 Acc.	510.9	157.01	2000	20°.0
Ca № 9.	875.1	291.62	9214.6	1 Acc.	510.9	157.09	2000	20°.0
Cb № 1.	875.0	2.94	289.21	1 Acc.	510.8	157.04	2000	18°.9
Cb № 2.	875.0	66.35	289.22	1 Acc.	510.8	156.99	2000	19°.0
Cb № 3.	875.0	302.18	289.22	1 Acc.	510.8	157.05	2000	19°.0
Cb № 4.	875.0	489.21	289.22	1 Acc.	510.8	156.99	2000	19°.0
Cb № 5.	875.2	811.2	289.27	1 Acc.	510.8	156.91	2000	19°.9
Cb № 6.	875.3	1132.3	289.29	1 Acc.	510.9	156.99	2000	20°.2
Cb № 7	875.4	1454.3	289.30	1 Acc.	510.9	157.02	2000	20°.4
Cb № 8.	875.5	3088.3	289.31	1 Acc.	511.0	157.10	2000	20°.6
Cb № 9.	875.5	9217.7	289.31	1 Acc.	511.0	157.08	2000	20°.6

* Die Curve Ca N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	93.3	20.896	— 22.9	24.865	— 0.25	28.814	0.6	106.799	0.4
18.902	54.3	21.891	1.3	25.854	— 0.15	29.798	0.6	157.489	0.3
19.456	— 33.4	22.883	6.1	26.842	0.45	30.781	0.6	208.343	0.25
19.900	— 50.2	23.873	1.8	27.828	0.75	54.785	0.55		

Max. und Min.

№	q
0	— 50.19
1	6.43
2	— 0.23
3	0.73

* Die Curve Ca N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	106.5	21.891	— 3.5	26.842	0.25	31.762	0.4	208.343	0.25
18.902	73.0	22.883	4.8	27.828	0.45	32.743	0.5		
19.456	— 14.0	23.873	2.7	28.814	0.5	54.875	0.45		
19.900	— 37.9	24.865	0.4	29.798	0.5	106.799	0.35		
20.896	— 31.1	25.854	0.2	30.781	0.45	157.489	0.3		

Max. und Min.

№	q
0	— 41.36
1	5.00
2	0.10
3	0.75

* Die Curve Ca N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	112.3	20.896	—18.2	24.865	1.55	33.396	0.8	208.343	0.6
18.902	85.0	21.891	— 8.9	25.854	1.0	54.875	0.7		
19.456	19.0	22.883	— 0.2	26.842	0.8	106.799	0.7		
19.900	— 6.5	23.873	1.95	27.828	0.8	157.489	0.65		

Max. und Min.

№	q
0	— 19.25
1	2.00
2	0.80

* Die Curve Ca N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	123.3	20.896	— 9.3	24.865	1.1	28.814	0.8	157.489	0.5
18.902	102.5	21.891	— 8.0	25.854	1.0	33.396	0.7	208 343	0.45
19.456	32.2	22.883	— 2.7	26.842	0.85	54.875	0.65		
19.900	12.8	23.873	0.4	27.828	0.7	196.799	0.55		

Max. und Min.

№	q
0	— 10.02
1	1.17
2	0.83

* Die Curve Ca N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	131.1	20.896	7.0	24.865	0.5	28 814	0.85	157.489	0.5
18.902	117.0	21.891	— 1.0	25.854	0.75	33.396	0.85	208.343	0.45
19.456	62.3	22.883	— 1.5	26.842	0.85	54.875	0.7		
19.900	37.2	23.873	— 0.4	27.828	0.85	106.799	0.55		

Max. und Min.

№	q
0	— 1.83
1	0.85

* Die Curve Ca N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	134.2	22.883	2.9	28.814	0.85
18.902	118.0	23.873	1.0	33.396	0.8
19.456	76.5	24.865	0.75	54.875	0.7
19.900	55.1	25.854	0.75	106.799	0.6
20.896	21.2	26.842	0.8	157.489	0.5
21.891	8.0	27.828	0.85	208.343	0.4

* Die Curve Ca N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	140.2	23.873	4.9	31.217	1.0
18.902	128.2	24.865	2.8	33.396	0.9
19.900	70.3	25.854	1.8	54.875	0.8
20.896	36.7	26.842	1.2	106.799	0.7
21.891	18.9	27.828	1.0	157.489	0.6
22.883	9.4	28.814	1.0	208.343	0.55

Die Curve Ca N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	148.3	21.891	57.6	25.854	17.9	31.217	4.2	54.875	0.9
18.902	142.2	22.883	42.9	26.842	13.2	33.396	2.8	106.799	0.8
19.900	105.0	23.873	31.2	27.828	10.3	38.817	1.25	157.489	0.75
20.896	76.3	24.865	23.8	28.814	8.0	44.202	1.0	208.343	0.7

Die Curve Ca N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	153.3	22.883	100.3	27.828	60.7	32.743	36.8	42.051	14.3	75.890	1.2
18.902	151.4	23.873	89.6	28.814	54.9	33.723	33.0	44.202	11.8	86.262	1.0
19.900	137.2	24.865	81.4	29.798	49.6	35.570	27.3	54.875	4.5	106.799	0.9
20.896	122.5	25.854	74.3	30.781	44.2	37.736	22.1	60.166	3.0	157.489	0.75
21.891	111.2	26.842	67.1	31.762	40.3	39.896	17.9	65.432	2.05	208.343	0.7

* Die Curve Cb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	106.5	20.896	— 51.2	24.865	4.3	28.814	0.2	54.875	0.6
18.902	69.1	21.891	— 18.1	25.854	1.35	29.798	0.6	106.799	0.5
19.456	— 28.4	22.883	3.6	26.842	— 0.3	30.781	0.8	157.489	0.4
19.900	— 52.6	23.873	8.0	27.828	— 0.3	31.762	0.7	208.343	0.3

Max. und Min.

N	q
0	— 61.22
1	8.23
2	— 0.30
3	0.87

* Die Curve Cb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	107.9	20.896	— 40.4	24.865	3.1	28.814	0.35	54.875	0.45
18.902	66.8	21.891	— 16.0	25.854	1.0	29.798	0.65	106.799	0.4
19.456	— 13.1	22.883	1.9	26.842	0.0	30.781	0.6	157.489	0.35
19.900	— 36.4	23.873	5.4	27.828	0.05	31.762	0.55	208.343	0.35

Max. und Min.

№	q
0	— 47.18
1	5.50
2	0.02
3	0.70

* Die Curve Cb N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	113.5	20.896	— 17.8	24.865	1.1	28.814	0.7	208.343	0.26
18.902	84.1	21.891	— 7.7	25.854	0.85	54.875	0.5		
19.456	15.1	22.883	0.0	26.842	0.7	106.799	0.35		
19.900	— 8.1	23.873	1.8	27.828	0.6	157.489	0.3		

Max. und Min.

№	q
0	— 19.15
1	1.95
2	0.63

* Die Curve Cb N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	117.4	20.896	— 9.4	24.865	1.0	54.875	0.75
18.902	86.5	21.891	— 4.5	25.854	0.95	106.779	0.7
19.456	24.5	22.883	— 0.2	26.842	0.9	157.489	0.65
19.900	3.95	23.873	1.1	33.396	0.8	208.343	0.6

Max. und Min.

№	q
0	— 9.53
1	1.12

* Die Curve Cb N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	123.3	22.883	0.0	33.396	0.8
18.902	104.5	23.873	0.8	54.875	0.75
19.900	18.3	24.865	0.9	106.799	0.65
20.896	— 0.6	25.854	0.9	157.489	0.6
21.891	— 1.2	26.842	0.9	208.343	0.55

* Die Curve Cb N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	121.3	22.883	0.65	33.396	0.8
18.902	103.0	23.873	0.85	54.875	0.7
19.900	23.9	24.865	0.95	106.799	0.6
20.896	4.1	25.854	0.9	157.489	0.55
21.891	1.0	26.842	0.9	208.343	0.5

* Die Curve Cb N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	124.3	22.883	1.1	33.396	0.8
18.902	108.3	23.873	0.95	54.875	0.7
19.900	29.0	24.865	0.95	106.799	0.6
20.896	7.3	25.854	0.9	157.489	0.55
21.891	2.3	26.842	0.85	208.343	0.5

* Die Curve Cb N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	129.0	22.883	2.7	33.396	0.8
18.902	110.3	23.873	1.4	54.875	0.75
19.900	39.4	24.865	1.0	106.799	0.65
20.896	14.2	25.854	0.95	157.489	0.55
21.891	6.0	26.842	0.9	208.343	0.5

Die Curve Cb N:o 9.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	129.3	20.896	18.9	23.873	2.2	26.842	0.9	106.799	0.6
18.902	113.0	21.891	8.5	24.865	1.6	33.396	0.8	157.489	0.5
19.900	48.2	22.883	4.0	25.854	1.0	54.875	0.7	208.343	0.4

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Entladungscurven).

Abth. D. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5063$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Da № 1.	10086.2	2.92	0.59	1 Acc.	510.7	105.32	3500	18°.0
Da № 2.	10085.9	2.92	64.01	1 Acc.	510.7	105.36	3500	17°.9
Db № 1.	7000.9	2.92	0.59	1 Acc.	510.6	105.24	3500	17°.5
Db № 2.	7001.6	2.92	64.01	1 Acc.	510.7	105.26	3500	18°.1
Dc № 1.	5242.8	2.92	0.59	1 Acc.	510.7	104.69	3500	17°.8
Dc № 2.	5242.8	2.92	64.01	1 Acc.	510.7	104.60	3500	17°.8
Dd № 1.	3498.9	2.92	0.59	1 Acc.	510.6	104.58	3500	17°.5
Dd № 2.	3498.9	2.92	64.01	1 Acc.	510.6	104.55	3500	17°.5
De № 1.	1750.9	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	104.59	3500	19°.6

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
De № 2.	1750.9	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.57	3500	19°.5
Df № 1.	875.0	2.94	0.60	1 Acc.	510.8	104.50	3500	19°.2
Df № 2.	875.0	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.2
Dg № 1.	580.09	2.94	0.60	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.4
Dg № 2.	580.09	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.4
Dh № 1.	531.57	2.93	0.59	1 Acc.	510.7	104.59	3500	18°.4
Di № 1.	288.66	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	104.59	3500	19°.7
Di № 2.	288.66	2.94	64.02	1 Acc.	510.9	104.60	3500	19°.7
Dj № 1.	193.10	2.94	0.60	1 Acc.	510.8	104.56	3500	19°.5
Dj № 2.	193.10	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.59	3500	19°.5
Dk № 1.	98.24	2.94	0.60	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.0
Dk № 2.	98.24	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.58	3500	19°.0
Dl № 1.	49.48	2.94	0.60	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.0
Dl № 2.	49.48	2.94	64.02	1 Acc.	510.8	104.60	3500	19°.0

Die Curve Da N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	74.5	24.865	94.9	31.435	21.5	37.952	— 6.1	44.417	— 6.5	50.833	— 2.0
18.902	36.3	25.524	69.8	32.089	38.0	38.601	9.4	45.060	— 1.7	51.473	2.1
19.567	— 184.2	26.183	— 40.1	32.743	11.0	39.249	14.1	45.703	5.1	52.112	1.0
20.232	— 130.2	26.842	— 75.7	33.396	— 24.2	39.896	0.95	46.346	4.9	52.750	2.6
20.896	54.0	27.500	— 31.2	34.049	— 26.9	40.543	10.2	46.989	— 0.5	53.388	1.8
21.560	153.7	28.157	48.9	34.701	0.0	41.189	7.9	47.631	— 4.1	54.025	— 0.8
22.222	70.8	28.814	56.4	35.353	22.1	41.835	2.3	48.272	— 2.8	54.663	1.3
22.883	— 84.8	29.470	1.5	36.004	17.1	42.481	9.0	48.913	2.6	55.299	0.1
23.544	— 104.4	30.126	— 45.1	36.654	— 8.2	43.127	5.1	49.553	3.9	55.936	1.4
24.205	— 8.6	30.781	— 32.3	37.303	— 18.2	43.772	4.1	50.193	1.3		

N:o 1

Maxima und Minima der Curve Da N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 193.68	4	— 75.66	8	— 29.19	12	— 11.10	16	— 4.17	20	— 1.57
1	155.12	5	60.91	9	23.98	13	9.73	17	3.87	21	1.70
2	— 120.87	6	— 46.99	10	— 18.19	14	— 7.00	18	— 2.70		
3	96.99	7	37.43	11	15.03	15	6.00	19	2.60		

Die Curve Da N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	82.5	23.544	— 75.7	28.814	30.2	34.049	— 10.9	39.249	4.7	44.417	— 1.3
18.902	31.0	24.205	— 11.7	29.470	5.1	34.701	— 0.1	39.896	1.8	45.060	— 0.6
19.567	— 149.4	24.865	56.9	30.126	— 20.8	35.353	7.6	40.543	— 2.0	45.703	1.0
20.232	— 102.7	25.524	51.0	30.781	— 17.0	36.004	6.4	41.189	— 2.3	46.346	1.4
20.896	38.2	26.183	— 10.7	31.435	7.7	36.654	— 0.5	41.835	0.0		
21.560	118.8	26.842	— 43.4	32.089	16.2	37.303	— 5.5	42.481	2.5		
22.222	56.7	27.500	— 20.6	32.743	9.0	37.952	— 2.7	43.127	2.0		
22.883	— 53.3	28.157	24.9	33.396	— 7.5	38.601	2.1	43.772	— 0.1		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 164.60	3	61.67	6	— 22.27	9	8.77	12	— 3.00	15	1.43
1	119.19	4	— 43.40	7	16.47	10	— 5.90	13	2.43		
2	— 84.74	5	31.87	8	— 11.47	11	4.70	14	— 1.47		

* Die Curve Db N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	71.5	23.544	— 86.0	28.814	35.0	34.049	— 14.2	39.249	6.1	44.417	— 2.1
18.902	16.0	24.205	— 4.0	29.470	2.1	34.701	1.3	39.896	0.5	45.060	— 0.4
19.567	— 185.1	24.865	74.0	30.126	— 28.3	35.353	10.9	40.543	— 4.0	45.703	1.9
20.232	— 117.1	25.524	49.9	30.781	— 20.4	36.004	8.7	41.189	— 2.9	46.346	1.8
20.896	59.9	26.183	— 23.0	31.435	9.5	36.654	— 3.1	41.835	0.7		
21.560	134.3	26.842	— 54.1	32.089	21.4	37.303	— 8.2	42.481	3.5		
22.222	50.4	27.500	— 10.2	32.743	7.0	37.952	— 3.0	43.127	2.0		
22.883	— 76.8	28.157	34.9	33.396	— 12.0	38.601	4.0	43.772	— 1.3		

Maxima und Minima der Curve Db N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 186.92	3	74.77	6	— 28.96	9	11.93	12	— 4.13	15	2.07
1	139.32	4	— 54.04	7	21.86	10	— 8.03	13	3.70		
2	— 100.62	5	40.15	8	— 15.49	11	6.50	14	— 2.10		

Die Curve Db N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	71.9	22.222	44.6	26.183	— 10.0	30.126	— 12.6	34.049	— 5.8	37.952	— 1.2
18.902	4.4	22.883	— 51.8	26.842	— 31.1	30.781	— 11.0	34.701	— 0.7	38.601	0.8
19.567	— 151.9	23.544	— 51.1	27.500	— 15.0	31.435	3.2	35.353	3.4	39.249	2.0
20.232	— 99.5	24.205	— 4.0	28.157	15.2	32.089	9.4	36.004	3.9	39.896	1.0
20.896	39.9	24.865	46.8	28.814	20.0	32.743	4.9	36.654	0.6		
21.560	104.9	25.524	35.3	29.470	4.3	33.396	— 3.7	37.303	— 2.3		

Maxima und Minima der Curve Db N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 157.77	2	— 69.91	4	— 31.03	6	— 13.82	8	— 5.92	10	— 2.35
1	106.72	3	47.67	5	21.22	7	9.73	9	4.53	11	2.10

Die Curve Dc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	84.7	22.883	— 53.8	27.500	— 19.1	32.089	11.6	36.654	— 0.2	41.189	— 1.1
18.902	54.8	23.544	— 77.2	28.157	14.0	32.743	6.2	37.303	— 3.1	41.835	0.1
19.567	— 154.7	24.205	— 18.5	28.814	25.0	33.396	— 4.1	37.952	— 1.6	42.481	1.3
20.232	— 141.1	24.865	48.9	29.470	6.9	34.049	— 7.1	38.601	1.2	43.127	1.0
20.896	17.5	25.524	47.5	30.126	— 15.2	34.701	— 1.9	39.249	2.6		
21.560	121.6	26.183	— 8.0	30.781	— 13.5	35.353	4.7	39.896	1.0		
22.222	72.5	26.842	— 37.5	31.435	2.9	36.004	4.8	40.543	— 1.0		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve De N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 179.45	3	55.90	6	— 16.96	9	5.30	12	— 1.57
1	122.56	4	— 37.50	7	11.67	10	— 3.47	13	1.27
2	— 81.87	5	25.18	8	— 7.90	11	2.57		

Die Curve Dc. N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	90.7	22.222	62.9	26.183	1.2	30.126	— 5.0	34.049	— 2.9	37.952	— 0.8
18.902	61.6	22.883	— 26.8	26.842	— 20.2	30.781	— 7.6	34.701	— 1.1	38.601	0.1
19.567	— 117.7	23.544	— 56.7	27.500	— 14.0	31.435	— 0.1	35.353	1.2	39.249	1.0
20.232	— 121.8	24.205	— 19.2	28.157	3.2	32.089	4.3	36.004	2.15	39.896	0.8
20.896	3.8	24.865	29.1	28.814	13.5	32.743	3.9	36.654	0.9		
21.560	93.6	25.524	33.0	29.470	7.0	33.396	— 0.1	37.303	— 0.8		

Maxima und Minima der Curve Dc N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 151.85	2	— 56.84	4	— 21.08	6	— 7.73	8	— 3.00	10	— 1.00
1	94.11	3	35.73	5	13.83	7	5.47	9	2.07	11	0.97

* Die Curve Dd N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.6	21.560	94.7	24.865	30.9	28.157	7.2	31.435	1.7	34.703	0.0
18.902	8.1	22.222	37.7	25.524	23.2	28.814	10.0	32.089	3.6	35.253	1.0
19.567	— 165.5	22.883	— 40.7	26.183	— 6.0	29.470	2.5	32.743	1.9	36.004	1.2
20.232	— 101.6	23.544	— 43.1	26.842	— 17.6	30.126	— 5.0	33.396	— 1.0	36.654	0.3
20.896	38.2	24.205	— 5.0	27.500	— 6.0	30.781	— 4.2	34.049	— 1.6		

Maxima und Minima der Curve Dd N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 168.46	2	— 54.81	4	— 17.92	6	— 5.70	8	— 1.80
1	96.86	3	31.97	5	10.67	7	3.70	9	1.25

* Die Curve Dd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.8	22.222	33.7	26.183	1.1	30.126	— 1.8
18.902	31.9	22.883	— 23.1	26.842	— 10.0	30.781	— 2.6
19.567	— 133.1	23.544	— 35.7	27.500	— 6.9	31.435	— 0.1
20.232	— 88.1	24.205	— 9.1	28.157	2.8	32.089	1.5
20.896	9.5	24.865	18.9	28.814	5.6	32.743	1.4
21.560	73.3	25.524	17.0	29.470	2.7	33.396	0.1

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 141.99	6	— 2.80
1	74.60	7	1.67
2	— 38.46		
3	20.22		
4	— 10.20		
5	5.70		

* Die Curve De N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	77.0	21.560	46.1	24.865	4.5	28.157	0.2
18.902	28.0	22.222	22.0	25.524	4.9	28.814	0.9
19.567	— 139.8	22.883	— 8.7	26.183	1.0	29.470	0.7
20.232	— 89.5	23.544	— 14.4	26.842	— 1.5	30.126	0.0
20.896	16.0	24.205	— 5.3	27.500	— 1.1		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 140.01	5	0.92
1	46.93		
2	— 15.29		
3	5.50		
4	— 1.53		

* Die Curve De N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	75.7	20.896	— 3.9	23.544	— 10.7	26.183	1.4
18.902	15.0	21.560	36.2	24.205	— 5.4	26.842	— 0.5
19.567	— 115.3	22.222	21.0	24.865	2.1	27.500	— 0.9
20.232	— 83.5	22.883	— 2.0	25.524	3.4	28.157	0.0

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 117.78	4	— 0.90
1	36.09	5	0.62
2	— 10.17		
3	3.63		

* Die Curve Df N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	72.8	20.232	— 54.6	22.222	6.0	24.205	— 0.6	26.183	0.1
18.902	3.2	20.896	— 13.0	22.883	2.5	24.865	— 0.1	26.842	0.3
19.567	— 103.4	21.560	7.0	23.544	— 0.1	25.524	0.0		

Max. und Min.

№	q
0	— 104.03
1	7.87
2	0.57

* Die Curve Df N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	87.7	20.232	— 65.9	22.222	6.5	24.205	0.0
18.902	48.9	20.896	— 19.4	22.883	3.3	24.865	0.0
19.567	— 82.6	21.560	3.0	23.544	0.9		

Max. und Min.

№	q
0	86.50
1	6.47
2	— 0.05

* Die Curve Dg N:o 1. Min. = — 81.67.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	85.6	19.567	— 80.0	20.896	— 24.6	22.222	— 3.2	23.544	0.0	24.865	0.0
18.902	57.9	20.232	— 55.7	21.560	— 8.9	22.883	— 1.0	24.205	0.0	25.524	0.0

* Die Curve Dg N:o 2. Min. = — 68.82.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	86.7	20.232	— 52.7	22.222	— 3.0	26.842	0.3	54.875	0.3	208.343	0.25
18.902	62.7	20.896	— 23.1	22.883	— 0.7	30.126	0.4	106.799	0.3		
19.567	— 66.8	21.560	— 9.0	23.544	0.1	33.396	0.3	157.489	0.25		

* Die Curve Dh N:o 1. Min. = — 76.68.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	74.2	20.232	— 46.3	22.222	— 3.2	24.205	— 0.1	29.033	0.1	106.799	0.1
18.902	3.2	20.896	— 24.0	22.883	— 1.7	24.865	0.0	31.217	0.15	157.489	0.1
19.567	— 76.6	21.560	— 9.7	23.544	— 0.6	26.842	0.15	54.875	0.1	208.343	0.1

Die Curve Di N:o 1. Min. = — 48.87.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	87.8	20.896	— 25.8	23.544	— 6.2	26.183	— 1.45	33.396	0.1	157.489	0.2
18.902	47.8	21.560	— 17.8	24.205	— 4.4	26.842	— 1.0	44.202	0.2	208.343	0.15
19.567	— 47.9	22.222	— 13.0	24.865	— 3.0	29.033	— 0.1	54.875	0.2		
20.232	— 34.8	22.883	— 9.2	25.524	— 2.2	31.217	0.05	106.799	0.2		

Die Curve Di N:o 2. Min. = — 41.71.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	86.8	20.896	— 23.9	23.544	— 6.0	26.183	— 1.3	33.396	0.1	157.489	0.15
18.902	57.1	21.560	— 16.0	24.205	— 4.1	26.842	— 1.0	44.202	0.1	208.343	0.1
19.567	— 41.6	22.222	— 12.3	24.865	— 2.8	29.033	— 0.1	54.875	0.15		
20.232	— 32.0	22.883	— 8.3	25.524	— 2.0	31.217	0.0	106.799	0.15		

Die Curve Dj N:o 1. Min. = - 34.71.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	69.6	20.896	— 21.0	23.544	— 8.5	26.183	— 3.4	33.396	— 0.1	106.799	0.1
18.902	14.4	21.560	— 16.2	24.205	— 7.0	26.842	— 2.8	38.817	0.1	157.489	0.1
19.567	— 37.3	22.222	— 13.3	24.865	— 5.3	29.033	— 1.2	44.202	0.2	208.343	0.1
20.232	— 26.4	22.883	— 10.9	25.524	— 4.3	31.217	— 0.6	54.875	0.2		

N:o 1.

Die Curve Dj N:o 2. Min. = — 29.79.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	79.8	20.896	— 19.0	23.544	— 7.6	26.183	— 3.0	33.396	— 0.1	106.799	0.2
18.902	21.4	21.560	— 15.0	24.205	— 6.1	26.842	— 2.4	38.817	0.1	157.489	0.2
19.567	— 28.9	22.222	— 12.2	24.865	— 4.9	29.033	— 1.0	44.202	0.15	208.343	0.2
20.232	— 23.2	22.883	— 9.8	25.524	— 4.0	31.217	— 0.5	54.875	0.15		

Die Curve Dk N:o 1. Min. = — 18.35.

t	q	t	t	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	78.6	20.896	— 13.8	23.544	— 8.8	26.183	— 5.5	33.396	— 1.5	106.799	0.25
18.902	27.0	21.560	— 12.2	24.205	— 7.9	26.842	— 5.0	38.817	— 0.5	157.489	0.25
19.567	— 17.3	22.222	— 11.0	24.865	— 6.9	29.033	— 3.25	44.202	— 0.1	208.343	0.2
20.232	— 15.2	22.883	— 9.9	25.524	— 6.2	31.217	— 2.2	54.875	0.2		

Die Curve Dk N:o 2. Min. = — 15.79.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	80.7	20.896	— 12.3	23.544	— 7.7	26.183	— 4.9	33.396	— 1.1	81.086	0.45
18.902	33.8	21.560	— 10.9	24.205	— 7.0	26.842	— 4.2	38.817	— 0.2	106.799	0.4
19.567	— 15.4	22.222	— 10.0	24.865	— 6.0	29.033	— 2.9	44.202	0.0	157.489	0.3
20.232	— 13.9	22.883	— 8.8	25.524	— 5.5	31.217	— 1.95	54.875	0.3	208.343	0.2

Die Curve Dl N:o 1. Min. = — 8.90.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	79.6	20.232	— 8.1	22.222	— 7.0	25.744	— 4.8	44.202	— 0.95	106.799	0.25
18.902	27.9	20.896	— 7.8	22.883	— 6.5	27.938	— 4.1	54.875	— 0.1	157.489	0.2
19.567	— 8.8	21.560	— 7.2	23.544	— 6.2	33.396	— 2.6	81.086	0.2	208.343	0.15

Die Curve Dl N:o 2. Min. = — 7.90.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.5	20.232	— 7.2	22.222	— 6.0	25.744	— 4.4	44.202	— 0.8	106.799	0.1
18.902	27.9	20.896	— 6.9	22.883	— 5.7	27.938	— 3.65	54.875	— 0.1	157.489	0.1
19.567	— 7.8	21.560	— 6.3	23.544	— 5.45	33.396	— 2.15	81.086	0.1	208.343	0.1

Verzeichniss der Curven der Abtheilung E. (Entladungscurven).

Abth. E. $L = 0.5933$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ea № 1.	10090.4	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.5
Ea № 2.	10090.9	2.94	64.03	1 Acc.	511.0	206.01	1100	20°.7
Eb № 1.	7003.6	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	205.93	1100	19°.7
Eb № 2.	7003.6	2.94	64.02	1 Acc.	510.9	206.01	1100	19°.7
Ec № 1.	5243.0	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	205.97	1100	19°.9
Ec № 2.	5243.0	2.94	64.02	1 Acc.	510.9	206.05	1100	19°.9
Ed № 1.	3500.4	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.0
Ed № 2.	3500.4	2.94	64.02	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.0
Ee № 1.	1751.0	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.3
Ee № 2.	1751.1	2.94	64.03	1 Acc.	511.0	206.04	1100	20°.6
Ef № 1.	875.1	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.0
Ef № 2.	875.1	2.94	64.03	1 Acc.	510.9	206.02	1100	20°.0
Eg № 1.	580.1	2.94	0.60	1 Acc.	510.9	206.00	1100	20°.4
Eg № 2.	580.1	2.94	64.03	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.4
Eh № 1.	288.71	2.94	0.60	1 Acc.	511.0	206.01	1100	20°.7
Eh № 2.	288.71	2.94	64.03	1 Acc.	511.0	206.05	1100	20°.7

N:o 1.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ei № 1.	240.51	2.94	0.60	1 Acc.	511.0	206.05	1100	21°.2
Ej № 1.	193.10	2.94	0.60	1 Acc.	511.0	206.04	1100	21°.3
Ej № 2.	193.10	2.94	64.03	1 Acc.	511.0	206.04	1100	21°.3
Ek № 1.	98.26	2.94	0.60	1 Acc.	511.1	206.04	1100	21°.5
Ek № 2.	98.26	2.94	64.03	1 Acc.	511.1	206.05	1100	21°.5
El № 1.	49.49	2.94	0.60	1 Acc.	511.1	206.07	1100	21°.5
El № 2.	49.49	2.94	64.03	1 Acc.	511.1	206.05	1100	21°.5

Die Curve Ea N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.1	37.303	77.0	56.571	— 25.2	75.473	— 23.4	94.095	9.8	112.510	2.5
18.902	12.8	38.601	101.8	57.841	31.9	76.723	— 20.9	95.329	— 4.2	113.733	7.0
20.232	— 183.8	39.896	1.0	59.110	48.7	78.071	6.0	96.560	— 12.1	114.955	3.5
21.560	— 136.2	41.189	— 88.0	60.277	4.1	79.217	23.4	97.791	— 5.0	116.175	— 2.9
22.887	68.5	42.481	— 69.9	61.643	— 38.5	80.463	12.6	99.021	7.1	117.396	— 5.8
24.205	178.4	43.772	31.8	62.907	— 35.1	81.708	— 10.5	100.250	11.0	118.616	— 1.9
25.524	71.0	45.060	83.4	64.170	5.2	82.951	— 20.3	101.479	3.8	119.837	3.8
26.842	— 109.4	46.346	34.4	65.432	38.8	84.193	— 7.0	102.708	— 7.0	121.055	5.1
28.157	— 142.2	47.631	— 51.3	66.692	22.4	85.435	14.0	103.936	— 8.9	122.272	1.1
29.470	0.9	48.913	— 68.8	67.950	— 15.9	86.675	17.5	105.163	0.2	123.490	— 3.7
30.781	131.8	50.193	— 6.7	69.207	— 33.9	87.914	2.1	106.390	7.8	124.708	— 4.2
32.089	90.3	51.473	58.2	70.463	— 11.3	89.152	— 14.0	107.616	7.5	125.926	— 0.1
33.396	— 47.5	52.750	48.4	71.717	22.4	90.388	— 12.5	108.841	— 0.1	127.143	3.8
34.701	— 120.8	54.025	— 23.1	72.970	27.1	91.624	3.3	110.065	— 7.1		
36.004	— 41.9	55.299	— 57.1	74.221	0.6	92.860	13.9	111.288	— 5.3		

Maxima und Minima der Curve Ea N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 201.00	6	— 94.36	12	— 44.14	18	— 20.84	24	— 9.48	30	— 4.50
1	178.45	7	83.88	13	39.35	19	18.47	25	9.00		
2	— 156.28	8	— 73.31	14	— 34.41	20	— 16.02	26	— 7.47		
3	138.90	9	65.40	15	30.40	21	14.45	27	6.85		
4	— 121.68	10	— 57.24	16	— 26.56	22	— 12.21	28	— 5.90		
5	108.08	11	50.76	17	24.04	23	11.31	29	5.50		

Die Curve Ea N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	89.7	28.157	— 83.2	38.601	33.2	48.913	— 12.2	59.110	5.2	69.207	— 1.2
18.902	49.2	29.470	— 19.4	39.896	8.6	50.193	— 4.7	60.277	3.0	70.463	— 1.1
20.232	— 142.1	30.781	52.6	41.189	— 19.1	51.473	6.3	61.643	— 1.6	71.717	0.8
21.560	— 127.6	32.089	53.4	42.481	— 20.6	52.750	8.9	62.907	— 3.1		
22.887	18.1	33.396	— 5.2	43.772	0.0	54.025	1.2	64.170	— 0.9		
24.205	117.3	34.701	— 44.2	45.060	16.5	55.299	— 5.9	65.432	2.5		
25.524	68.9	36.004	— 26.0	46.346	12.3	56.571	— 4.8	66.692	2.7		
26.842	— 47.4	37.303	17.5	47.631	— 4.6	57.841	1.1	67.950	0.9		

Maxima und Minima der Curve Ea N:o 2.

N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q
0	— 161.40	3	62.93	6	— 23.83	9	9.64	12	— 3.18
1	118.12	4	— 45.18	7	17.87	10	— 6.37	13	3.00
2	— 85.15	5	33.22	8	— 12.39	11	5.20	14	— 1.53

Die Curve Eb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	49.2	33.396	— 49.6	48.913	— 49.9	64.170	3.6	79.217	12.2	94.095	4.6
18.902	7.2	34.701	— 102.3	50.193	— 1.6	65.432	23.3	80.463	7.0	95.329	— 1.7
20.232	— 188.7	36.004	— 36.0	51.473	41.6	66.692	12.0	81.708	— 5.7	96.560	— 5.2
21.560	— 126.7	37.303	67.1	52.750	34.2	67.950	— 10.8	82.951	— 10.0	97.791	— 2.1
22.887	66.0	38.601	80.0	54.025	— 14.8	69.207	— 19.7	84.193	— 3.8	99.021	3.0
24.205	168.5	39.896	— 2.5	55.299	— 38.1	70.463	— 8.5	85.435	7.1	100.250	5.0
25.524	63.3	41.189	— 70.3	56.571	— 18.1	71.717	13.1	86.675	8.8	101.479	1.7
26.842	— 113.5	42.481	— 49.9	57.841	20.4	72.970	15.7	87.914	0.5	102.708	— 2.9
28.157	— 126.1	43.772	25.1	59.110	31.3	74.221	1.1	89.152	— 6.1		
29.470	11.1	45.060	63.4	60.277	5.0	75.473	— 11.7	90.388	— 6.0		
30.781	115.2	46.346	23.4	61.643	— 24.8	76.723	— 12.4	91.624	1.7		
32.089	81.9	47.631	— 38.7	62.907	— 22.2	78.071	3.0	92.860	6.6		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Eb N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	− 197.71	4	102.59	8	− 53.22	12	− 27.47	16	− 14.00	20	7.07
1	168.55	5	88.17	9	46.14	13	24.04	17	12.92	21	6.93
2	142.51	6	73.88	10	− 38.16	14	− 19.72	18	10.01	22	− 5.17
3	121.87	7	63.63	11	33.19	15	17.47	19	9.27	23	5.00

Die Curve Eb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	70.2	26.842	− 49.3	36.004	− 20.2	45.060	12.8	54.025	3.0	62.907	− 1.8
18.902	37.0	28.157	72.2	37.303	14.8	46.346	9.7	55.299	− 3.7	64.170	− 0.6
20.232	− 143.5	29.470	9.1	38.601	27.1	47.631	5.5	56.571	− 3.2	65.432	1.8
21.560	− 115.6	30.781	47.8	39.896	7.2	48.913	8.8	57.841	0.9		
22.887	28.5	32.089	45.8	41.189	15.2	50.193	− 3.7	59.110	3.6		
24.205	111.8	33.396	− 7.1	42.481	− 16.0	51.473	4.7	60.277	2.0		
25.524	56.3	34.701	− 47.5	43.772	0.1	52.750	6.8	61.643	0.9		

Maxima und Minima der Curve Eb N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	− 158.09	3	55.27	6	− 18.43	9	7.00	12	− 1.80
1	111.93	4	− 38.06	7	13.70	10	− 4.99		
2	− 77.38	5	27.27	8	− 8.92	11	3.78		

Die Curve Ec N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	51.8	30.781	100.3	43.772	17.0	56.571	— 13.0	69.207	— 10.9	81.708	— 2.0
18.902	1.8	32.089	74.2	45.060	47.0	57.841	11.2	70.463	— 3.9	82.951	— 4.7
20.232	— 181.2	33.396	— 40.3	46.346	20.7	59.110	19.8	71.717	6.3	84.193	— 1.3
21.560	— 128.2	34.701	— 85.0	47.631	— 27.1	60.277	3.7	72.970	8.0	85.435	3.2
22.887	65.0	36.004	— 30.4	48.913	— 35.1	61.643	— 13.8	74.221	1.0	86.675	4.0
24.205	159.2	37.303	50.4	50.193	— 3.6	62.907	— 13.3	75.473	— 6.2	87.914	1.1
25.524	53.8	38.601	64.3	51.473	27.5	64.170	1.8	76.723	— 3.9	89.152	2.5
26.842	— 96.3	39.896	1.0	52.750	23.3	65.432	13.8	78.071	1.7	90.388	— 2.5
28.157	— 113.4	41.189	— 52.6	54.025	— 7.8	66.692	8.0	79.217	6.2		
29.470	0.2	42.481	— 40.1	55.299	— 24.7	67.950	— 4.6	80.463	3.8		

Maxima und Minima der Curve Ec N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 193.59	4	— 85.70	8	— 37.62	12	— 16.53	16	— 6.97	20	— 3.07
1	158.83	5	70.33	9	31.17	13	13.83	17	6.13		
2	— 128.76	6	— 56.94	10	24.99	14	— 10.98	18	— 4.67		
3	105.59	7	46.84	11	20.85	15	9.20	19	4.20		

Die Curve Ec N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	75.2	25.524	56.2	33.396	— 1.9	41.189	— 10.9	48.913	— 6.1	56.571	— 2.1
18.902	34.4	26.842	— 44.3	34.701	— 31.1	42.481	— 12.3	50.193	— 3.0	57.841	0.4
20.232	— 138.5	28.157	— 68.1	36.004	— 18.3	43.772	— 1.0	51.473	2.8	59.110	2.3
21.560	— 116.9	29.470	— 14.3	37.303	10.3	45.060	9.2	52.750	4.5		
22.887	25.0	30.781	41.1	38.601	22.0	46.346	7.4	54.025	1.1		
24.205	105.1	32.089	40.0	39.896	8.7	47.631	— 1.7	55.299	— 2.1		

Maxima und Minima der Curve Ec N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 155.12	2	— 70.27	4	— 31.86	6	— 14.05	8	— 6.20	10	— 2.78
1	105.52	3	47.71	5	21.94	7	10.08	9	4.85	11	2.28

Die Curve Ed N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.0	26.842	— 81.5	36.004	— 24.2	45.060	25.3	54.025	— 2.5	62.907	— 4.9
18.902	5 0	28.157	— 91.4	37.303	30.6	46.346	12.3	55.299	— 10.5	64.170	0.3
20.232	— 176.9	29.470	— 0.8	38.601	42.2	47.631	— 11.9	56.571	— 5.9	65.432	4.5
21.560	— 118.1	30.781	75.4	39.896	2.0	48.913	— 18.0	57.841	4.4	66.692	3.0
22.887	59.6	32.089	56.8	41.189	— 31.4	50.193	— 2.9	59.110	8.0	67.950	— 1.0
24.205	141.0	33.396	— 28.1	42.481	— 25.0	51.473	12.3	60.277	2.0	69.207	— 3.0
25.524	43.8	34.701	— 59.3	43.772	8.3	52.750	11.9	61.643	— 4.8	70.463	— 1.3

Maxima und Minima der Curve Ed N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 187.04	3	79.36	6	— 33.40	9	14.50	12	— 6.00
1	141.26	4	59.29	7	25.54	10	— 10.51	13	4.90
2	— 105.32	5	45.17	8	— 18.71	11	8.20	14	— 3.18

Die Curve Ed N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	78.3	25.524	50.2	33.396	— 0.5	41.189	— 5.0	48.913	— 2.9	56.571	— 0.9
18.902	27.5	26.842	— 33.5	34.701	— 21.3	42.481	— 7.9	50.193	— 1.9	57.841	0.2
20.232	— 137.2	28.157	— 56.0	36.004	— 14.2	43.772	— 1.6	51.473	1.2	59.110	1.1
21.560	— 108.2	29.470	— 14.3	37.303	4.9	45.060	5.0	52.750	2.6		
22.887	24.1	30.781	29.1	38.601	14.2	46.346	4.9	54.025	1.1		
24.205	93.5	32.089	32.1	39.896	6.7	47.631	0.0	55.299	— 0.6		

Maxima und Minima der Curve Ed N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 150.62	2	— 57.44	4	— 21.92	6	— 8.00	8	— 2.90	10	— 0.97
1	93.94	3	36.33	5	14.30	7	5.95	9	2.60		

* Die Curve Ee N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	51.4	24.205	98.9	30.781	31.6	37.303	5.8	43.772	0.7	50.193	— 0.7
18.902	4.7	25.524	41.6	32.089	25.7	38.601	12.3	45.060	4.1	51.473	1.2
20.232	— 163.1	26.842	— 38.4	33.396	— 6.0	39.896	2.2	46.346	2.7	52.750	1.6
21.560	— 99.3	28.157	— 52.2	34.701	— 19.2	41.189	— 5.3	47.631	— 0.9		
22.887	36.2	29.470	— 6.1	36.004	— 9.3	42.481	— 5.0	48.913	— 2.0		

Maxima und Minima der Curve Ee N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 167.99	2	— 57.27	4	— 19.31	6	— 6.40	8	— 2.00
1	98.96	3	34.09	5	11.91	7	4.30	9	1.90

* Die Curve Ee N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	92.4	25.524	42.2	33.396	4.1	41.189	0.0
18.902	53.2	26.842	— 11.8	34.701	— 5.9	42.481	— 1.3
20.232	— 122.3	28.157	— 31.1	36.004	— 6.1	43.772	— 0.8
21.560	— 103.6	29.470	— 14.1	37.303	— 0.2	45.060	0.8
22.887	— 1.1	30.781	9.8	38.601	3.9	46.346	1.2
24.205	65.1	32.089	15.1	39.896	3.0		

Max. und Min.

№	q	№	q
0	— 134.40	6	— 1.23
1	66.20	7	1.47
2	— 31.16		
3	16.03		
4	— 6.90		
5	4.07		

N:o 1.

* Die Curve Ef N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.1	24.205	48.2	30.781	4.5	37.303	0.0
18.902	8.6	25.524	23.5	32.089	5.3	38.601	1.0
20.232	— 137.2	26.842	— 9.3	33.396	1.0	39.896	0.8
21.560	— 81.9	28.157	— 15.5	34.701	1.4		
22.887	16.2	29.470	— 4.8	36.004	— 1.2		

Max. und Min.

N	q	№	q
0	— 139.30	5	1.00
1	48.21		
2	— 16.23		
3	6.00		
4	— 1.83		

* Die Curve Ef N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	69.3	24.205	31.7	30.781	0.3	37.303	0.2
18.902	30.4	25.524	23.8	32.089	3.1	38.601	0.6
20.232	— 107.3	26.842	1.9	33.396	2.1	39.896	0.75
21.560	— 75.9	28.157	— 8.9	34.701	0.3		
22.887	— 4.5	29.470	— 6.0	36.004	— 0.4		

Max. und Min.

№	q
0	— 112.30
1	32.78
2	— 9.00
3	3.03
4	— 0.70

* Die Curve Eg N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.3	22.887	— 2.6	28.157	— 3.7	33.396	0.8
18.902	15.0	24.205	21.1	29.470	— 2.1		
20.232	— 117.4	25.524	13.4	30.781	0.1		
21.560	— 65.5	26.842	0.6	32.089	1.0		

Max. und Min.

№	q
0	— 118.26
1	21.18
2	— 3.57
3	1.00

* Die Curve Eg N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	75.2	22.887	— 14.1	28.157	— 1.0	33.396	0.95
18.902	29.0	24.205	12.6	29.470	— 1.8		
20.232	— 93.2	25.524	12.9	30.781	— 0.6		
21.560	— 65.5	26.842	4.7	32.089	0.7		

Max. und Min.

№	q
0	— 95.33
1	15.03
2	— 1.92
3	0.95

* Die Curve Eh N:o 1. Min. = — 80.29.

t	q	t	q	t	q
18.564	56.7	25.524	— 2.1	33.396	0.25
18.902	7.1	26.842	— 0.4	54.875	0.3
20.232	— 79.3	28.157	0.1	106.799	0.3
21.560	— 46.4	29.470	0.2	157.489	0.25
22.887	— 20.9	30.781	0.25	208.343	0.2
24.205	— 7 2	32.089	0.25		

* Die Curve Eh N:o 2. Min. = — 65.25.

t	q	t	q	t	q
18.564	74.4	25.524	— 2.8	33.396	0.4
18.902	38.8	26.842	— 0.3	54.875	0.35
20.232	— 64.6	28.157	0.35	106.799	0.3
21.560	— 47.8	29.470	0.5	157.489	0.25
22.887	— 23.3	30.781	0.5	208.343	0.25
24.205	— 8.9	32.089	0.5		

Die Curve Ei N:o 1. Min. = — 70.90.

t	q	t	q	t	q
18.564	59.9	26.842	— 2.8	44.202	0.2
18.902	15.6	28.157	— 1.1	54.875	0.2
20.232	— 70.0	29.470	— 0.65	106.799	0.2
21.560	— 43.0	30.781	— 0.1	157.489	0.2
22.887	— 23.2	32.089	0.05	208.343	0.2
24.205	— 11.4	33.396	0.15		
25.524	— 5.5	38.817	0.2		

Die Curve Ej N:o 1. Min. = — 60.19.

t	q	t	q	t	q
18.564	58.4	26.842	— 5.2	44.202	0.3
18.902	22.1	28.157	— 3.1	54.875	0.25
20.232	— 58.2	29.470	— 1.9	106.799	0.25
21.560	— 38.8	30.781	— 1.0	157.489	0.2
22.887	— 24.7	32.089	— 0.65	208.343	0.15
24.205	— 14.4	33.396	— 0.2		
25.524	— 8.8	38.817	0.15		

Die Curve Ej N:o 2. Min. = — 49.27.

t	q	t	q	t	q
18.564	77.3	26.842	— 5.0	44.202	0.3
18.902	34.9	28.157	— 2.8	54.875	0.35
20.232	— 49.1	29.470	— 1.7	106.799	0.25
21.560	— 37.4	30.781	— 0.9	157.489	0.25
22.887	— 24.1	32.089	— 0.4	208.343	0.25
24.205	— 14.3	33.396	— 0.1		
25.524	— 8.8	38.817	0.3		

Die Curve Ek N:o 1. Min. = — 34.10.

t	q	t	q	t	q
18.564	57.1	26.842	— 10.0	44.202	— 0.2
18.902	7.2	28.157	— 7.9	54.875	0.2
20.232	— 32.0	29.470	— 6.2	81.086	0.25
21.560	— 25.3	30.781	— 5.0	106.799	0.25
22.887	— 20.2	32.089	— 4.0	157.489	0.2
24.205	— 16.0	33.396	— 3.1	208.343	0.2
25.524	— 12.8	38.817	— 1.05		

N:o 1.

Die Curve Ek N:o 2. Min. = — 28.15.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	70.0	21.560	— 23.3	25.524	— 11.8	29.470	— 5.8	38.817	— 0.95	106.799	0.4
18.902	44.1	22.887	— 18.7	26.842	— 9.2	30.781	— 4.5	44.202	— 0.05	157.489	0.3
20.232	— 28.1	24.205	— 14.8	28.157	— 7.1	33.396	— 2.8	54.875	0.3	208.343	0.25

Die Curve El N:o 1. Min. = — 17.53.

t	q	t	q	t	q
18.564	69.1	25.524	— 10.2	44.202	— 1.85
18.902	17.0	26.842	— 9.0	54.875	— 0.6
20.232	— 16.3	29.033	— 7.5	81.086	0.2
21.560	— 14.6	31.217	— 6.05	106.799	0.3
22.887	— 13.1	33.396	— 5.0	157.489	0.25
24.205	— 11.6	38.817	— 3.0	208.343	0.25

Die Curve El N:o 2. Min. = — 14.77.

t	q	t	q	t	q
18.564	78.2	25.524	— 9.0	44.202	— 1.4
18.902	31.6	26.842	— 8.0	54.875	— 0.2
20.232	— 14.4	29.033	— 6.5	81.086	0.5
21.560	— 13.0	31.217	— 5.2	106.799	0.5
22.887	— 11.6	33.396	— 4.3	157.489	0.5
24.205	— 10.2	38.817	— 2.5	208.343	0.5

Verzeichniss der Curven der Abtheilung F. (Entladungscurven).

Abth. F. $L = 0.1926$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Fa № 1.	10091.8	1.52	0.60	1 Acc.	511.0	206.05	1100	21°.3
Fa № 2.	10091.3	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.0
Fb № 1.	7003.9	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.0
Fb № 2.	7002.7	1.52	64.02	1 Acc.	510.8	206.06	1100	19°.0
Fc № 1.	5244.3	1.52	0.60	1 Acc.	510.8	206.04	1100	19°.5
Fc № 2.	5244.8	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.1
Fd № 1.	3500.5	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.2
Fd № 2.	3500.5	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.1
Fe № 1.	1751.0	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.01	1100	20°.2

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Fe № 2.	1751.0	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.00	1100	20°.2
Ff № 1.	875.2	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.1
Ff № 2.	875.1	1.52	64.03	1 Acc.	510.8	206.06	1100	19°.6
Fg № 1.	580.0	1.52	0.60	1 Acc.	510.8	206.06	1100	19°.6
Fg № 2.	580.0	1.52	64.03	1 Acc.	510.8	206.04	1100	19°.6
Fh № 1.	288.71	1.52	0.60	1 Acc.	511.0	206.06	1100	20°.7
Fh № 2.	288.71	1.52	64.03	1 Acc.	511.0	205.99	1100	20°.7
Fi № 1.	193.10	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.2
Fi № 2.	193.10	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.04	1100	20°.2
Fj № 1.	144.61	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.2
Fk № 1.	98.25	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.1
Fk № 2.	98.25	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.1
Fl № 1.	49.49	1.52	0.60	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.1
Fl № 2.	49.49	1.52	64.03	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.1

Die Curve Fa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.2	29.689	63.3	41.082	17.0	52.324	— 11.0	63.433	— 11.2	74.430	— 3.1
18.902	19.1	30.453	47.1	41.836	37.1	53.069	15.9	64.170	— 1.9	75.160	— 5.6
19.679	— 110.1	31.217	— 28.1	42.589	13.4	53.813	18.8	64.906	9.2	75.890	— 1.1
20.453	— 83.4	31.980	— 61.4	43.342	— 27.2	54.556	0.8	65.642	7.1	76.619	4.9
21.228	37.9	32.743	— 13.0	44.094	— 29.9	55.299	— 16.0	66.377	— 0.7	77.347	5.2
22.001	105.4	33.505	45.1	44.846	1.2	56.042	— 13.0	67.111	— 8.9	78.175	— 0.1
22.773	26.1	34.266	48.2	45.596	24.2	56.783	8.2	67.845	— 4.1	78.802	— 4.2
23.544	— 88.6	35.027	— 8.3	46.346	18.0	57.524	16.0	68.579	5.1	79.529	— 3.2
24.315	— 83.5	35.787	— 49.9	47.096	— 15.0	58.264	2.4	69.313	8.8	80.256	3.3
25.085	26.4	36.546	— 24.9	47.845	— 25.9	59.004	— 9.8	70.045	2.6	80.982	4.8
25.854	85.2	37.303	26.0	48.593	— 4.6	59.745	— 12.5	70.777	— 3.9	81.708	2.0
26.622	42.9	38.060	43.2	49.340	21.0	60.483	2.7	71.508	— 6.2	82.433	— 3.0
27.390	— 52.2	38.817	— 1.4	50.086	18.3	61.221	12.7	72.239	2.0	83.158	— 3.2
28.157	— 70.0	39.574	— 35.9	50.833	— 6.3	61.959	7.0	72.970	7.1		
28.923	— 2.1	40.328	— 26.9	51.579	— 21.5	62.696	— 6.6	73.700	4.9		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Fa N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 116.47	6	— 62.24	12	— 32.77	18	— 17.10	24	— 8.90	30	— 4.80
1	106.39	7	56.40	13	30.13	19	16.06	25	8.83	31	4.90
2	— 94.30	8	— 50.21	14	— 26.69	20	— 14.03	26	— 7.10	32	— 3.90
3	85.60	9	46.15	15	24.27	21	13.08	27	7.08		
4	— 76.48	10	— 40.71	16	— 21.10	22	— 12.62	28	— 6.00		
5	62.43	11	37.13	17	19.82	23	10.34	29	5.98		

Die Curve Fa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	91.9	22.001	53.4	25.854	20.2	29.689	6.2	33.505	1.3	37.303	— 0.1
18.902	53.2	22.773	30.4	26.622	20.1	30.453	8.7	34.266	4.2	38.060	2.0
19.679	— 64.1	23.544	— 17.2	27.390	— 1.0	31.217	1.8	35.027	2.3	38.817	1.7
20.453	— 74.4	24.315	— 35.1	28.157	— 14.0	31.980	— 5.0	35.787	— 1.3		
21.228	— 4.4	25.085	— 10.0	28.923	— 7.2	32.743	— 3.9	36.546	— 1.95		

Maxima und Minima der Curve Fa N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 85.60	2	— 35.01	4	— 14.13	6	— 5.75	8	— 2.03
1	56.20	3	23.18	5	9.92	7	4.30	9	2.08

Die Curve Fb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.0	22.773	13.0	27.390	— 50.2	31.980	— 53.4	36.546	— 24.5	41.082	9.3
18.902	3.0	23.544	— 77.3	28.157	— 63.3	32.743	— 11.9	37.303	22.1	41.836	29.0
19.679	— 109.9	24.315	— 76.9	28.923	— 6.1	33.505	37.1	38.060	35.4	42.589	13.0
20.453	— 73.2	25.085	18.1	29.689	57.4	34.266	42.2	38.817	2.7	43.342	— 17.4
21.228	45.2	25.854	79.2	30.453	38.5	35.027	2.0	39.574	— 28.4	44.094	— 23.6
22.001	98.1	26.622	37.2	31.217	— 29.2	35.787	— 41.1	40.328	— 25.0	44.846	0.7

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
45.596	21.6	50.086	15.0	54.556	2.9	59.004	6.3	63.433	— 7.0	67.845	— 3.5
46.346	14.7	50.833	— 2.7	55.299	— 10.0	59.745	8.3	64.170	— 3.0	68.579	2.1
47.096	— 7.8	51.579	— 14.9	56.042	— 9.2	60.483	— 0.1	64.906	4.5	69.313	5.2
47.845	19.3	52.324	— 9.1	56.783	3.1	61.221	7.8	65.642	5.7	70.045	2.0
48.593	— 4.3	53.069	8.1	57.524	10.8	61.959	6.4	66.377	0.9	70.777	— 2.8
49.340	13.9	53.813	12.8	58.264	4.0	62.696	— 2.2	67.111	— 4.6	71.508	— 3.9

Maxima und Minima der Curve Fb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 115.03	5	62.03	10	— 32.20	15	17.84	20	— 9.00	25	5.17
1	102.44	6	— 53.60	11	29.17	16	— 15.00	21	8.43	26	3.93
2	— 89.30	7	48.25	12	— 25.06	17	13.96	22	— 6.98		
3	79.36	8	— 41.62	13	22.86	18	11.62	23	6.70		
4	— 69.30	9	37.40	14	— 19.34	19	10.91	24	— 5.10		

Die Curve Fb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.3	22.001	53.8	25.854	19.2	29.689	6.2	33.505	1.9	37.303	0.0
18.902	30.8	22.773	26.9	26.622	16.0	30.453	7.9	34.266	3.8	38.060	1.7
19.679	— 75.1	23.544	— 20.0	27.390	— 5.2	31.217	0.7	35.027	1.9	38.817	1.4
20.453	— 66.0	24.315	— 32.2	28.157	— 12.8	31.980	— 4.6	35.787	— 1.3		
21.228	7.8	25.085	— 2.0	28.923	— 4.7	32.743	— 3.0	36.546	— 1.6		

Maxima und Minima der Curve Fb N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 84.96	2	— 33.17	4	— 12.99	6	— 4.98	8	— 1.80
1	54.22	3	21.53	5	8.80	7	3.82	9	1.85

Die Curve Fc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.0	26.622	34.9	35.027	— 0.9	43.342	— 13.8	51.579	— 9.8	59.745	— 5.4
18.902	5.3	27.390	— 43.2	35.787	— 34.1	44.094	— 17.5	52.324	— 5.8	60.483	0.1
19.679	— 108.9	28.157	— 56.7	36.546	— 19.1	44.846	— 1.0	53.069	5.5	61.221	4.8
20.453	— 77.7	28.923	1.1	37.303	15.8	45.596	16.0	53.813	9.0	61.959	4.3
21.228	44.3	29.689	52.0	38.060	28.2	46.346	11.5	54.556	3.0	62.696	— 1.3
22.001	98.3	30.453	32.8	38.817	5.2	47.096	— 3.9	55.299	— 6.1	63.433	— 4.0
22.773	23.4	31.217	— 23.8	39.574	— 20.9	47.845	— 13.8	56.042	— 5.9		
23.544	— 76.1	31.980	— 46.2	40.328	— 19.6	48.593	— 3.8	56.783	1.2		
24.315	— 72.1	32.743	— 12.0	41.082	6.2	49.340	9.1	57.524	6.9		
25.085	15.9	33.505	33.2	41.836	22.1	50.086	10.6	58.264	3.0		
25.854	73.2	34.266	35.9	42.589	11.6	50.833	— 2.1	59.004	— 2.9		

Maxima und Minima der Curve Fc N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 113.93	4	— 62.27	8	— 34.10	12	18.76	16	— 10.06	20	5.58
1	98.83	5	54.39	9	30.05	13	16.46	17	8.92	21	5.00
2	— 83.95	6	— 46.18	10	— 25.14	14	13.90	18	— 7.50	22	— 4.07
3	73.20	7	40.32	11	22.16	15	12.45	19	7.00		

Die Curve Fc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	73.2	22.001	52.1	25.854	18.1	29.689	4.7	33.505	1.1	37.303	0.0
18.902	35.1	22.773	25.8	26.622	15.8	30.453	7.0	34.266	3.2	38.060	1.5
19.679	71.5	23.544	— 19.7	27.390	— 2.5	31.217	1.0	35.027	1.8	38.817	1.3
20.453	— 65.9	24.315	— 31.0	28.157	— 11.7	31.980	— 3.5	35.785	— 0.9		
21.228	2.2	25.085	— 5.0	28.923	— 5.9	32.743	— 3.0	36.546	— 1.1		

Maxima und Minima der Curve Fc N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 83.95	2	— 31.29	4	— 11.78	6	— 4.00	8	— 1.10
1	52.26	3	20.05	5	7.97	7	3.28	9	1.67

Die Curve Fd N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.3	24.315	— 66.5	30.453	28.1	36.546	— 14.9	42.589	6.7	48.593	— 2.0
18.902	16.8	25.085	16.3	31.217	— 13.8	37.303	11.1	43.342	— 7.8	49.340	4.3
19.679	— 104.3	25.854	62.3	31.980	— 33.1	38.060	17.6	44.094	— 10.0	50.086	5.4
20.453	— 75.8	26.622	35.1	32.743	— 8.1	38.817	4.7	44.846	0.0	50.833	— 0.6
21.228	29.1	27.390	— 30.5	33.505	21.5	39.574	— 13.1	45.596	8.8	51.579	— 4.2
22.001	91.8	28.157	— 47.2	34.266	25.9	40.328	— 11.2	46.346	6.2	52.324	— 2.8
22.773	23.5	28.923	— 7.3	35.027	— 1.3	41.082	4.6	47.096	— 2.1	53.069	2.6
23.544	— 62.3	29.689	38.1	35.787	— 22.2	41.836	13.3	47.845	— 6.9	53.813	4.1

Maxima und Minima der Curve Fd N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 112.41	3	62.33	6	— 34.11	9	19.62	12	— 10.11	15	6.20
1	92.18	4	— 50.56	7	28.56	10	— 15.20	13	9.01	16	— 4.65
2	— 75.31	5	42.31	8	— 23.05	11	13.29	14	— 6.90	17	4.30

Die Curve Fd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	68.3	22.001	49.0	25.854	15.0	29.689	3.5	33.505	1.0	37.303	0.1
18.902	42.4	22.773	21.7	26.622	14.0	30.453	6.0	34.266	2.5	38.060	1.1
19.679	— 73.4	23.544	— 17.9	27.390	— 2.0	31.217	1.6	35.027	1.6	38.817	1.0
20.453	— 62.0	24.315	— 27.1	28.157	— 9.4	31.980	— 2.1	35.787	— 0.5		
21.228	10.0	25.085	— 4.4	28.923	— 5.6	32.743	— 2.1	36.546	— 0.8		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Fd N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 82.35	2	— 28.07	4	— 9.14	6	— 2.97	8	— 0.85
1	49.01	3	17.04	5	6.17	7	2.53	9	1.12

Die Curve Fe N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	74.9	22.773	27.9	27.390	— 15.0	31.980	— 13.3	36.546	— 4.8	41.082	0.8
18.902	33.8	23.544	39.7	28.157	25.7	32.743	5.2	37.303	2.1	41.836	2.8
19.679	— 88.3	24.315	— 50.0	28.923	— 7.0	33.505	7.3	38.060	5.2	42.589	1.9
20.453	— 79.3	25.085	— 2.0	29.689	16.1	34.266	9.7	38.817	1.7		
21.228	23.7	25.854	37.2	30.453	15.0	35.027	1.0	39.574	— 2.2		
22.001	75.2	26.622	25.8	31.217	— 4.0	35.787	— 6.3	40.328	— 2.8		

Maxima und Minima der Curve Fe N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 104.29	2	— 52.81	4	— 26.97	6	— 13.33	8	— 6.67	10	— 2.90
1	75.23	3	38.24	5	19.94	7	10.23	9	5.58	11	3.00

Die Curve Fe N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.567	85.2	21.228	— 6.3	24.315	— 19.9	27.390	1.2	30.453	3.0	33.505	0.0
18.902	60.6	22.001	38.0	25.085	— 8.1	28.157	3.3	31.217	1.9	34.266	1.0
19.679	— 59.2	22.773	26.1	25.854	8.0	28.923	— 3.5	31.980	— 0.3	35.027	1.0
20.453	— 67.4	23.544	— 6.3	26.622	10.0	29.689	1.0	32.743	— 1.0		

Maxima und Minima der Curve Fe N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 77.28	2	— 19.94	4	— 4.92	6	— 1.00
1	40.15	3	10.84	5	3.05	7	1.10

* Die Curve Ff N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	74.1	22.773	20.3	27.390	— 2.8	31.980	— 1.9
18.902	41.2	23.544	— 20.4	28.157	— 7.2	32.743	— 1.0
19.679	— 82.0	24.315	— 25.0	28.923	— 2.8	33.505	1.0
20.453	— 67.1	25.085	— 3.8	29.689	3.8	34.266	1.7
21.228	14.0	25.854	14.2	30.453	3.8		
22.001	50.4	26.622	15.5	31.217	0.6		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 92.86	6	— 1.97
1	50.42	7	1.70
2	— 26.53		
3	14.80		
4	— 7.33		
5	4.55		

* Die Curve Ff N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	75.2	22.001	26.2	25.854	2.8	29.689	0.0
18.902	37.2	22.773	16.5	26.622	4.1	30.453	1.0
19.679	— 62.3	23.544	— 2.2	27.390	1.8	31.217	1.0
20.453	— 50.3	24.315	— 10.0	28.157	— 0.9		
21.228	— 3.9	25.085	— 4.7	28.923	— 1.1		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 68.70	5	1.03
1	27.10		
2	— 9.99		
3	4.20		
4	— 1.10		

* Die Curve Fg N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.4	22.001	31.8	25.854	5.2	29.689	0.9
18.902	8.4	22.773	11.8	26.622	3.9	30.453	1.05
19.679	81.3	23.544	— 9.9	27.390	— 0.5	31.217	— 0.6
20.453	— 48.2	24.315	— 11.3	28.157	— 1.9		
21.228	11.6	25.085	— 1.7	28.923	— 0.8		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 83 22	5	1.17
1	33.19		
2	— 12.45		
3	5.33		
4	— 1.87		

N:o 1.

* Die Curve Fg N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	75.0	21.228	— 7.8	24.315	— 4.2	27.390	1.5
18.902	39.3	22.001	17.0	25.085	— 3.0	28.157	0.6
19.679	— 57.3	22.773	13.0	25.854	0.0	28.923	0.0
20.453	— 48.9	23.544	2.0	26.622	1.95	29.689	0.2

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 61.90	4	— 0.03
1	18.14		
2	— 4.80		
3	2.00		

* Die Curve Fh N:o 1.

t	q	t	q
18.564	60.5	22.773	5.1
18.902	19.2	23.544	1.1
19.679	— 63.1	24.315	— 0.8
20.453	— 38.5	25.085	— 0.5
21.228	— 6.0	25.854	0.1
22.001	7.9	26.622	0.7

Max. und Min.

№	q
0	— 63 10
1	8.20
2	— 0.82

* Die Curve Fh N:o 2.

t	q	t	q
18.564	76.2	22.773	5.0
18.902	40.4	23.544	3.1
19.679	— 43.7	24 315	1.1
20.453	— 37.6	25.085	0.0
21.228	— 12.8	25.854	0.0
22.001	2.1	26.622	0.4

Max. und Min.

№	q
0	— 47.19
1	5.20
2	— 0.07

* Die Curve Fi N:o 1.

t	q	t	q
18.564	56.2	22.773	0.9
18.902	21.0	23.544	0.9
19.679	— 50.6	24.315	0.7
20.453	— 30.9	25.085	0.5
21.224	— 10.3	25.854	0.5
22.001	— 1.5		

Max. und Min.

№	q
0	— 50.28
1	1.05

* Die Curve Fi N:o 2.

t	q	t	q
18.564	70.2	22.773	0.3
18.902	33.1	23.544	1.0
19.679	— 36.7	24.315	1.0
20.453	— 29.9	25.085	0.8
21.224	— 14.1	25.854	0.7
22.001	— 4.0	26.622	0.55

Max. und Min.

№	q
0	— 38.13
1	1.05

* Die Curve Fj N:o 1. Min. = — 41.09.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	70.5	21.224	— 14.0	24.315	— 0.3	27.390	0.2	106.799	0.4
18.902	33.1	22.001	— 6.0	25.085	0.0	33.396	0.25	157.489	0.4
19.679	— 41.8	22.773	2.3	25.854	0.15	44.202	0.4	208.343	0.35
20.453	— 28.6	23.544	— 1.0	26.622	0.2	54.875	0.4		

Die Curve Fk N:o 1. Min. = — 31.32.

t	q	t	q	t	q
18.564	55.2	22.773	— 5.3	33.396	0.4
18.902	14.5	23.544	— 3.1	44.202	0.4
19.679	— 30.1	24.315	— 2.1	54.875	0.3
20.453	— 20.3	25.085	— 1.3	106.799	0.4
21.228	— 13.4	25.854	— 0.8	157.489	0.4
22.001	— 8.7	27.938	0.0	208.343	0.45

Die Curve Fk N:o 2. Min. = — 24.06.

t	q	t	q	t	q
18.564	77.0	22.773	— 5.2	33.396	0.7
18.902	34.4	23.544	— 3.2	44.202	0.7
19.679	— 23.6	24.315	— 2.0	54.875	0.6
20.453	— 20.0	25.085	— 1.1	106.799	0.6
21.228	— 13.2	25.854	— 0.5	157.489	0.6
22.001	— 9.0	27.938	0.1	208.343	0.55

Die Curve Fl N:o 1. Min. = — 17.20.

t	q	t	q	t	q
18.564	56.2	22.773	— 6.9	33.396	— 0.1
18.902	22.0	23.544	— 5.5	44.202	0.35
19.679	— 15.9	24.315	— 4.6	54.875	0.4
20.453	— 13.0	25.085	— 3.7	106.799	0.45
21.228	— 10.5	25.854	— 2.9	157.489	0.4
22.001	— 8.4	27.938	— 1.5	208.343	0.35

Die Curve Fl N:o 2. Min. = — 13.52.

t	q	t	q	t	q
18.564	69.9	22.773	— 6.6	33.396	0.1
18.902	34.6	23.544	— 5.1	44.202	0.65
19.679	— 12.1	24.315	— 4.2	54.875	0.65
20.453	— 12.5	25.085	— 3.2	106.799	0.65
21.228	— 10.2	25.854	— 2.7	157.489	0.65
22.001	— 8.2	27.938	— 1.2	208.343	0.65

Verzeichniss der Curven der Abtheilung G. (Entladungscurven).

Abth. G. $L = 0.08875$ Henry. $C = 2.0229$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ga № 1.	10091.3	0.93	0.60	1 Acc.	511.0	206.06	1100	21°.1
Ga № 2.	10089.5	0.93	64.03	1 Acc.	510.9	206.05	1100	20°.0
Gb № 1.	7004.3	0.93	0.60	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.3
Gb № 2.	7004.3	0.93	64.03	1 Acc.	510.9	206.06	1100	20°.3
Gc № 1.	5246.7	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.74	1100	22°.3
Gc № 2.	5246.7	0.94	64.04	1 Acc.	511.2	205.79	1100	22°.3
Gd № 1.	3500.4	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.78	1100	22°.3

N:o 1.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Gd № 2.	3500.3	0.94	64.04	1 Acc.	511.1	205.86	1100	22°.0
Ge № 1.	1751.5	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.86	1100	22°.2
Ge № 2.	1751.5	0.94	64.04	1 Acc.	511.2	205.92	1100	22°.2
Gf № 1.	875.3	0.94	0.60	1 Acc.	511.0	205.83	1100	21°.3
Gf № 2.	875.3	0.94	64.04	1 Acc.	511.0	205.72	1100	21°.3
Gg № 1.	580.20	0.94	0.60	1 Acc.	511.1	205.75	1100	21°.6
Gg № 2.	580.20	0.94	64.04	1 Acc.	511.1	205.70	1100	21°.6
Gh № 1.	288.78	0.94	0.60	1 Acc.	511.1	205.72	1100	22°.0
Gh № 2.	288.78	0.94	64.04	1 Acc.	511.1	205.83	1100	22°.0
Gi № 1.	193.09	0.94	0.60	1 Acc.	511.1	205.81	1100	22°.0
Gi № 2.	193.09	0.94	64.04	1 Acc.	511.1	205.73	1100	22°.0
Gj № 1.	144.62	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.64	1100	22°.5
Gk № 1.	98.28	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.64	1100	22°.5
Gk № 2.	98.28	0.94	64.04	1 Acc.	511.2	205.63	1100	22°.5
Gl № 1.	49.51	0.94	0.60	1 Acc.	511.2	205.61	1100	22°.5
Gl № 2.	49.51	0.94	64.04	1 Acc.	511.2	205.60	1100	22°.5

Die Curve Ga N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	73.5	23.544	47.1	29.033	29.4	34.484	18.0	39.896	10.8	45.275	6.2
18.902	38.0	24.094	36.5	29.580	17.2	35.027	7.0	40.435	3.3	45.810	2.4
19.124	— 15.6	24.645	— 20.0	30.126	— 17.9	35.570	— 12.1	40.974	— 7.0	46.346	— 4.3
19.678	— 77.3	25.195	— 44.8	30.672	— 24.9	36.112	— 13.2	41.513	— 7.0	46.881	— 3.7
20.232	— 23.0	25.744	— 6.0	31.217	2.1	36.654	5.6	42.051	3.0	47.417	2.1
20.786	55.1	26.293	38.0	31.762	23.2	37.195	13.8	42.589	8.2	47.951	5.0
21.339	52.2	26.842	24.0	32.307	12.9	37.736	3.6	43.127	2.1	48.486	1.1
21.891	— 21.6	27.390	— 18.9	32.852	— 15.0	38.277	— 9.2	43.664	— 5.4	49.019	— 3.0
22.443	— 59.4	27.938	— 32.2	33.396	— 16.9	38.817	— 8.6	44.202	— 4.8	49.553	— 2.7
22.994	— 11.3	28.486	— 3.5	33.940	— 4.8	39.357	3.7	44.739	2.0		

Maxima und Minima der Curve Ga N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 78.05	4	— 45.25	8	— 26.10	12	— 15.10	16	— 8.90	20	— 4.90
1	68.77	5	40.15	9	23.26	13	13.67	17	8.07	21	4.95
2	— 59.43	6	— 34.24	10	— 20.04	14	— 11.78	18	— 6.78	22	— 3.82
3	52.39	7	30.57	11	17.97	15	10.28	19	6.20		

* Die Curve Ga N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	78.0	20.786	22.8	23.544	6.9	26.293	2.0
18.902	35.8	21.339	22.1	24.094	7.1	26.842	2.5
19.124	— 2.9	21.891	— 2.2	24.645	— 0.1	27.390	0.8
19.678	— 51.1	22.443	— 14.0	25.195	— 3.4	27.938	— 0.8
20.232	— 17.8	22.994	— 5.8	25.744	— 1.7	28.486	— 0.2

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 51.42	5	2.67
1	28.09	6	— 0.80
2	— 14.12		
3	8.10		
4	— 3.73		

Die Curve Gb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.2	22.994	3.5	27.938	— 24.1	32.852	— 15.2	37.736	1.9	42.589	2.5
18.902	12.5	23.544	49.4	28.486	6.1	33.396	— 12.2	38.277	— 7.9	43.127	2.3
19.124	— 43.0	24.094	23.1	29.033	27.5	33.940	8.5	38.817	— 5.8	43.664	— 4.1
19.678	— 73.3	24.645	— 33.3	29.580	10.7	34.484	15.2	39.357	3.8	44.202	— 3.7
20.232	0.5	25.195	— 37.0	30.126	— 19.6	35.027	3.3	39.896	8.4	44.739	2.0
20.786	60.6	25.744	4.2	30.672	— 18.2	35.570	— 11.1	40.435	1.8	45.275	4.9
21.339	35.1	26.293	37.1	31.217	10.8	36.112	— 8.4	40.974	— 6.2	45.810	1.3
21.891	— 35.6	26.842	11.8	31.762	20.5	36.654	6.0	41.513	— 5.1	46.346	— 3.1
22.443	— 51.3	27.390	— 24.6	32.307	4.9	37.195	11.2	42.051	2.9		

Maxima und Minima der Curve Gb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 77.31	4	— 42.32	8	— 23.05	12	— 12.96	16	— 6.90	20	— 3.33
1	67.33	5	37.13	9	20.45	13	11.43	17	6.30		
2	— 57.24	6	— 31.29	10	— 17.03	14	— 9.15	18	— 5.00		
3	49.92	7	27.42	11	15.26	15	8.37	19	4.90		

Die Curve Gb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	74.0	20.786	22.0	23.544	5.8	26.293	1.9
18.902	25.1	21.339	23.3	24.094	7.0	26.842	2.2
19.124	— 6.2	21.891	— 0.8	24.645	0.8	27.390	0.8
19.678	— 51.3	22.443	— 13.4	25.195	— 3.3	27.938	— 0.6
20.232	— 21.5	22.994	— 6.4	25.744	— 1.9		

Maxima und Minima.

N	q	№	q
0	- 51.52	5	2.40
1	27.37	6	— 0.67
2	— 13.59		
3	7.90		
4	- 3.35		

Die Curve Gc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.0	22.443	— 52.2	26.842	15.5	31.217	3.5	35.570	- 8.6	39.896	6.8
18.902	14.0	22.994	— 4.5	27.390	— 25.1	31.762	17.5	36.112	— 8.0	40.435	1.9
19.124	— 32.4	23.544	44.2	27.938	— 24.1	32.307	5.5	36.654	3.3	40.974	— 4.8
19.678	— 76.2	24.094	29.5	28.486	3.9	32.852	— 12.1	37.195	9.2	41.513	— 3.8
20.232	— 12.8	24.645	— 25.1	29.033	24.2	33.396	— 11.8	37.736	2.0	42.051	2.1
20.786	57.8	25.195	— 37.2	29.580	11.8	33.940	4.7	38.277	- 5.8	42.589	5.0
21.339	44.1	25.744	— 7.6	30.126	— 14.9	34.484	12.8	38.817	- 5.3	43.127	1.7
21.891	— 25.2	26.293	33.6	30.672	— 18.6	35.027	2.9	39.357	2.1	43.664	— 3.1

Maxima und Minima der Curve Gc N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 76.41	4	— 39.13	8	— 20.04	12	— 10.21	16	— 5.10
1	65.27	5	34.12	9	17.87	13	9.21	17	5.00
2	— 54.79	6	— 28.05	10	— 14.23	14	— 7.23	18	— 3.77
3	47.18	7	24.54	11	12.89	15	6.83		

* Die Curve Gc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.3	20.786	17.8	23.544	4.7	26.293	1.7
18.902	46.0	21.339	24.1	24.094	6.8	26.842	2.2
19.124	— 0.2	21.891	2.8	24.645	1.8	27.390	0.7
19.678	— 50.2	22.443	— 13.0	25.195	— 3.0	27.938	— 0.4
20.232	— 24.2	22.994	— 6.6	25.744	— 1.7		

Maxima und Minima.

N	q	№	q
0	— 51.28	5	2.23
1	26.98		
2	— 13.02		
3	7.28		
4	— 3.10		

Die Curve Gd N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	46.7	21.891	— 34.1	25.744	6.1	29.580	9.3	33.396	— 7.1	37.195	6.2
18.902	17.3	22.443	— 46.8	26.293	28.6	30.126	— 11.3	33.940	3.8	37.736	2.3
19.124	— 27.1	22.994	— 5.4	26.842	14.1	30.672	— 12.2	34.484	9.0	38.277	3.7
19.678	— 73.2	23.544	40.9	27.390	— 17.4	31.217	5.0	35.027	2.5	38.817	— 2.9
20.232	— 10.0	24.094	23.3	27.938	— 18.2	31.762	13.3	35.570	— 3.9	39.357	1.9
20.786	59.0	24.645	— 17.5	28.486	2.8	32.307	3.4	36.112	— 4.9	39.896	4.3
21.339	37.0	25.195	— 30.4	29.033	19.4	32.852	— 8.8	36.654	2.7		

Maxima und Minima der Curve Gd N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 75.64	3	42.43	6	— 23.02	9	13.22	12	— 6.97	15	4.30
1	62.53	4	— 34.10	7	19.35	10	— 10.11	13	6.10		
2	— 51.14	5	28.89	8	— 15.23	11	9.00	14	— 4.63		

Die Curve Gd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	73.0	20.786	18.6	23.544	4.1	26.293	1.1
18.902	33.9	21.339	21.1	24.094	6.5	26.842	2.0
19.124	— 8.0	21.891	1.8	24.645	1.8	27.390	0.8
19.678	— 50.0	22.443	— 11.8	25.195	— 2.3	27.938	— 0.3
20.232	— 17.8	22.994	— 6.9	25.744	— 1.5		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 50.41	5	2.60
1	25.98		
2	— 12.02		
3	6.72		
4	— 2.62		

Die Curve Ge N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.1	20.786	40.2	23.544	27.1	26.293	15.5	29.033	9.0	31.762	5.2
18.902	30.7	21.339	38.0	24.094	23.1	26.842	9.8	29.580	6.3	32.307	2.9
19.124	— 18.1	21.891	— 11.0	24.645	— 10.9	27.390	— 5.2	30.126	— 4.1	32.852	— 2.3
19.678	— 72.1	22.443	— 39.2	25.195	— 21.8	27.938	— 12.0	30.672	— 6.4	33.396	— 3.5
20.232	— 22.7	22.994	— 9.7	25.744	— 2.6	28.486	— 1.1	31.217	0.0	33.940	0.8

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Ge N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
0	— 71.87	2	— 40.14	4	— 22.12	6	— 12.13	8	— 6.80	10	— 3.70
1	54.27	3	30.40	5	17.21	7	9.83	9	5.60	11	3.15

Die Curve Ge N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	86.2	20.786	4.7	23.544	2.1	26.293	0.0
18.902	57.1	21.339	21.0	24.094	5.0	26.842	1.3
19.124	10.8	21.891	6.0	24.645	2.3		
19.678	— 44.1	22.443	— 8.0	25.195	— 1.1		
20.232	— 25.4	22.994	— 7.1	25.744	— 1.3		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 48.23	5	1.50
1	22.43		
2	— 9.50		
3	5.00		
4	— 1.73		

Die Curve Gf N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	76.2	21.339	29.2	24.645	— 3.4	27.938	— 3.2
18.902	36.9	21.891	— 5.4	25.195	— 9.3	28.486	— 0.8
19.124	— 20.0	22.443	— 24.1	25.744	— 1.9	29.035	2.5
19.678	— 66.4	22.994	— 8.1	26.293	5.9	29.580	2.1
20.232	— 18.0	23.544	14.0	26.842	4.3		
20.786	32.2	24.094	12.3	27.390	— 1.5		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 66.51	6	— 3.33
1	41.44	7	2.73
2	— 25.09		
3	15.14		
4	— 9.27		
5	6.20		

* Die Curve Gf N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	72.9	20.786	7.9	23.544	1.1	26.293	0.2
18.902	34.4	21.339	15.9	24.094	2.9	26.842	0.9
19.124	— 5.0	21.891	4.0	24.645	1.6		
19.678	— 44.4	22.443	— 5.7	25.195	— 0.1		
20.232	— 20.9	22.994	— 4.8	25.744	— 0.6		

Maxima und Minima.

N	q	N	q
0	— 44.44	5	0.90
1	17.24		
2	— 6.00		
3	2.90		
4	— 0.67		

* Die Curve Gg N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.2	20.786	27.3	23.544	7.8	26.293	2.1
18.902	16.1	21.339	17.1	24.094	5.2	26.842	1.8
19.124	— 25.3	21.891	— 6.3	24.645	— 2.0	27.390	— 0.1
19.678	— 59.1	22.443	— 14.2	25.195	— 3.5	27.938	— 0.8
20.232	— 11.9	22.994	— 4.1	25.744	— 0.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 61.57	5	2.40
1	31.38	6	— 0.73
2	— 15.15		
3	8.17		
4	— 3.70		

* Die Curve Gg N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	66.1	20.232	— 21.7	22.443	— 2.8	24.645	1.3
18.902	32.9	20.786	6.0	22.994	— 3.1	25.195	0.6
19.124	— 3.8	21.339	12.7	23.544	— 0.3	25.744	0.1
19.678	— 41.1	21.891	5.2	24.094	1.7		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 41.25	4	0.03
1	13.14		
2	— 3.62		
3	1.80		

* Die Curve Gh N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.9	20.232	— 11.4	22.443	— 3.1	24.645	0.6
18.902	27.2	20.786	10.9	22.994	— 1.8	25.195	0.1
19.124	— 24.6	21.339	9.2	23.544	0.8	25.744	0.0
19.678	— 47.0	21.891	1.1	24.094	1.2		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
0	— 49.78	4	0.00
1	13.08		
2	— 3.00		
3	1.23		

* Die Curve Gh N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	73.5	20.232	— 20.0	22.443	0.9	24.645	0.8
18.902	36.1	20.786	0.1	22.994	— 0.6		
19.124	— 7.1	21.339	6.0	23.544	— 0.6		
19.678	— 33.6	21.891	4.0	24.094	0.3		

Max. und Min.

№	q
0	— 33.60
1	6.13
2	— 0.57
3	0.83

N:o 1.

* Die Curve Gi N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	64.2	19.678	— 40.0	21.339	4.6	22.994	— 0.05
18.902	25.2	20.232	— 13.8	21.891	2.1	23.544	0.4
19.124	— 20.4	20.786	2.0	22.443	0.1	24.094	0.7

Max. und Min.

№	q
0	— 41.52
1	5.03
2	— 0.05

* Die Curve Gi N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	80.0	19.678	— 28.6	21.339	1.8	22.994	0.8
18.902	50.2	20.232	— 19.5	21.891	2.7	23.544	0.4
19.124	8.2	20.786	— 5.6	22.443	1.7	24.094	0.6

Max. und Min.

№	q
0	— 28.57
1	2.90
2	0.15

* Die Curve Gj N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	71.9	19.678	— 34.0	21.339	1.1	22.994	0.5
18.902	36.1	20.232	— 14.0	21.891	1.1	23.544	0.4
19.124	— 12.5	20.786	— 3.0	22.443	0.7		

Max. und Min.

№	q
0	— 35.94
1	1.10

Die Curve Gk N:o 1. Min. = — 27.97.

t	q	t	q	t	q
18.564	70.6	21.891	— 1.0	33.396	0.3
18.902	39.1	22.443	— 0.2	54.875	0.35
19.124	— 10.9	22.994	0.0	106.799	0.25
19.678	— 26.1	23.544	0.15	157.489	0.25
20.232	— 13.4	24.094	0.25	208.343	0.25
20.786	— 6.5	24.645	0.3		
21.339	— 2.5	27.938	0.25		

Die Curve Gk N:o 2. Min. = — 19.77.

t	q	t	q	t	q
18.564	89.4	21.891	— 1.8	33.396	0.55
18.902	62.0	22.443	— 0.3	54.875	0.55
19.124	12.0	22.994	0.15	106.799	0.6
19.678	— 18.6	23.544	0.5	157.489	0.5
20.232	— 15.9	24.094	0.6	208.343	0.45
20.786	— 9.1	24.645	0.65		
21.339	— 3.5	27.938	0.6		

Die Curve Gl N:o 1. Min. = — 16.58.

t	q	t	q	t	q
18.564	72.5	21.891	— 3.8	54.875	0.35
18.902	40.2	22.443	— 2.7	106.799	0.45
19.124	— 9.5	22.994	— 1.9	157.489	0.45
19.678	— 14.1	23.544	— 1.1	208.343	0.4
20.232	— 11.0	25.744	— 0.05		
20.786	— 7.8	27.938	0.1		
21.339	— 5.1	33.396	0.35		

Die Curve Gl N:o 2. Min. = — 11.91.

t	q	t	q	t	q
18.564	88.2	21.891	— 4.0	27.938	0.5
18.902	57.6	22.443	— 2.7	33.396	0.75
19.124	15.1	22.994	— 1.8	44.202	0.75
19.678	— 11.3	23.544	— 1.0	54.875	0.7
20.232	— 10.4	24.094	— 0.8	106.799	0.65
20.786	— 8.0	24.645	— 0.3	157.489	0.6
21.339	— 5.2	25.744	0.0	208.343	0.55

N:o 1.

III.

Entladungscurve Aa N:o 1.

$C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry. $E = 1$ Acc.
$W_1 = 7002.9$ Ohm. $W = 3.53$ Ohm. $W_2 = 0.06$ Ohm. $w = 510.7$ Ohm.
$W_n = 1100$ Ohm. Die Ladung $CE = 202.11$ Sc. Th. Mittl. $\vartheta = 18°.8$.

Curvenpunkte.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.2	32.089	88.5	46.346	28.8	60.277	7.9	74.221	2.0	87.914	2.2
18.902	20.1	33.396	— 42.2	47.631	— 36.3	61.643	— 12.2	75.473	— 12.1	89.152	— 6.2
20.232	— 183.8	34.701	— 101.4	48.913	— 49.7	62.907	— 23.2	76.723	— 11.3	90.388	— 6.0
21.560	— 127.7	36.004	— 40.6	50.193	— 6 8	64.170	2.0	78.071	1.8	91.624	0.1
22.887	59.9	37.303	61.4	51.473	39.4	65.432	23.1	79.217	12.2	92.860	6.1
24.205	165.5	38.601	81.1	52.750	34.5	66.692	14.8	80.463	7.0	94.095	4.9
25.524	68.4	39.896	3.0	54.025	— 11.2	67.950	— 7.5	81.708	— 4.9	95.329	— 1.5
26.842	— 103.3	41.189	— 67.8	55.299	— 37.7	69.207	— 19.4	82.951	— 10.1	96.560	— 5.2
28.157	— 127.7	42.481	— 51.1	56.571	— 20.8	70.463	— 8.1	84.193	— 3.5		
29.470	2.9	43.772	19.0	57.841	17.6	71.717	12.0	85.435	6.8		
30.781	113.1	45.060	62.3	59.110	32.0	72.970	16.0	86.675	8.5		

Maxima und Minima der Curve.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
0	— 194.32	4	— 101.43	8	— 52.39	12	— 27.07	16	— 13.89	20	— 7.17
1	166.18	5	86.80	9	45.17	13	23.94	17	12.59	21	6.67
2	— 140.43	6	— 72.84	10	— 38.06	14	— 19.47	18	— 10.11	22	— 5.13
3	120.01	7	62.47	11	32.72	15	17.03	19	9.10	23	4.90

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	7002.4	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	101.20	480	18°.4
Aa № 2.	7002.8	66.96	0.06	1 Acc.	510.7	101.22	480	18°.8
Aa № 3.	7003.0	184.22	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	18°.9
Aa № 4.	7002.8	302.75	0.06	1 Acc.	510.7	101.17	480	18°.8
Aa № 5.	7002.8	489.78	0.06	1 Acc.	510.7	101.17	480	18°.8
Aa № 6.	7002.7	811.66	0.06	1 Acc.	510.7	201.97	1100	18°.7
Aa № 7.	7002.7	1132.5	0.06	1 Acc.	510.7	201.92	1100	18°.7
Aa № 8.	7002.7	1292.4	0.06	1 Acc.	510.7	201.86	1100	18°.7
Aa № 9.	7002.7	1939.4	0.06	1 Acc.	510.7	201.87	1100	18°.7
Aa № 10.	7002.7	3087.8	0.06	1 Acc.	510.7	201.94	1100	18°.7
Ab № 1.	3499.9	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	101.22	480	18°.6
Ab № 2.	3500.0	66.96	0.06	1 Acc.	510.7	101.19	480	18°.7
Ab № 3.	3500.0	184.21	0.06	1 Acc.	510.7	101.19	480	18°.7
Ab № 4.	3500.0	302.74	0.06	1 Acc.	510.7	101.17	480	18°.7
Ab № 5.	3500.1	489.79	0.06	1 Acc.	510.7	201.88	1100	18°.8
Ab № 6.	3500.1	811.4	0.06	1 Acc.	510.8	201.90	1100	18°.9
Ab № 7.	3500.2	1131.5	0.06	1 Acc.	510.8	201.98	1100	19°.0
Ab № 8.	3500.2	1454.5	0.06	1 Acc.	510.8	201.97	1100	19°.1
Ab № 9.	3500.3	2103.8	0.06	1 Acc.	510.8	201.98	1100	19°.2
Ab № 10.	3500.3	3064.1	0.06	1 Acc.	510.8	202.01	1100	19°.2
Ab № 11.	3500.3	5003.1	0.06	1 Acc.	510.8	202.04	1100	19°.2
Ab № 12.	3500.3	6755.3	0.06	1 Acc.	510.8	202.03	1100	19°.2
Ac № 1.	875.3	3.53	0.06	1 Acc.	510.8	101.13	480	18°.9
Ac № 2.	875.3	66.96	0.06	1 Acc.	510.8	101.10	480	19°.0

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ac № 3.	875.4	184.22	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.2
Ac № 4.	875.4	302.78	0.06	1 Acc.	510.8	201.97	1100	19°.4
Ac № 5.	875.4	489.84	0.06	1 Acc.	510.8	201.86	1100	19°.4
Ac № 6.	875.4	811.4	0.06	1 Acc.	510.8	201.88	1100	19°.4
Ac № 7.	875.4	1131.6	0.06	1 Acc.	510.8	201.91	1100	19°.4
Ac № 8.	875.4	1454.6	0.06	1 Acc.	510.8	201.92	1100	19°.4
Ac № 9.	875.4	1616.1	0.06	1 Acc.	510.8	201.96	1100	19°.4
Ac № 10.	875.4	3064.2	0.06	1 Acc.	510.8	201.93	1100	19°.4
Ac № 11.	875.4	5003.3	0.06	1 Acc.	510.8	—	3500	19°.4
Ac № 12.	875.4	8308.4	0.06	1 Acc.	510.8	—	3500	19°.4
Ad № 1.	289.02	3.54	0.06	1 Acc.	510.8	101.21	480	19°.4
Ad № 2.	289.02	66.97	0.06	1 Acc.	510.8	101.20	480	19°.4
Ad № 3.	288.95	184.18	0.06	1 Acc.	510.7	201.96	1100	18°.1
Ad № 4.	288.95	302.72	0.06	1 Acc.	510.7	—	3500	18°.1
Ad № 5.	288.95	489.74	0.06	1 Acc.	510.7	—	3500	18°.1
Ad № 6.	288.96	811.3	0.06	1 Acc.	510.7	—	5000	18°.3
Ad № 7.	288.96	1131.4	0.06	1 Acc.	510.7	—	9500	18°.3
Ad № 8.	288.96	1454.3	0.06	1 Acc.	510.7	—	9500	18°.3
Ad № 9.	288.97	1777.5	0.06	1 Acc.	510.7	—	9500	18°.5
Ad № 10.	288.97	3063.7	0.06	1 Acc.	510.7	—	9500	18°.5
Ae № 1.	49.85	3.53	0.06	1 Acc.	510.8	101.15	480	18°.9
Ae № 2.	49.85	66.96	0.06	1 Acc.	510.8	201.97	1100	18°.9
Ae № 3.	49.85	184.22	0.06	1 Acc.	510.8	—	5000	18°.9
Ae № 4.	49.85	302.75	0.06	1 Acc.	510.8	—	9500	18°.9
Ae № 5.	49.85	489.80	0.06	1 Acc.	510.8	—	9500	18°.9

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	65.0	32.089	56.8	46.346	84.6	60.277	95.7	74.221	99.6	87.914	99.9
18.902	80.0	33.396	119.6	47.631	117.8	61.643	111.6	75.473	107.0	89.152	103.7
20.232	189.0	34.701	152.4	48.913	126.7	62.907	113.6	76.723	107.6	90.388	104.5
21.560	175.3	36.004	123.5	50.193	107.9	64.170	102.9	78.071	100.5	91.624	101.1
22.887	74.8	37.303	73.0	51.473	83.0	65.432	90.2	79.217	95.2	92.860	97.9
24.205	18.3	38.601	59.7	52.750	83.2	66.692	93.0	80.463	96.9	94.095	98.7
25.524	60.0	39.896	96.0	54.025	104.7	67.950	104.1	81.708	102.7	95.329	101.2
26.842	148.7	41.189	134.3	55.299	119.6	69.207	110.8	82.951	106.0	96.560	103.8
28.157	168.3	42.481	130.7	56.571	113.5	70.463	106.1	84.193	103.3		
29.470	107.8	43.772	93.0	57.841	94.0	71.717	95.9	85.435	98.2		
30.781	48.5	45.060	70.8	59.110	85.1	72.970	92.9	86.675	97.0		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	198.94	5	152.31	9	127.25	13	114.64	17	108.23	21	104.89
2	18.23	6	57.90	10	78.62	14	89.28	18	94.98	22	97.96
3	171.61	7	137.62	11	119.84	15	111.04	19	106.18	23	103.89
4	41.94	8	70.03	12	85.00	16	92.86	20	96.87		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.8	24.205	46.6	30.781	77.8	37.303	92.7	43.772	99.9	50.193	101.6
18.902	74.0	25.524	69.7	32.089	78.0	38.601	87.4	45.060	94.0	51.473	97.9
20.232	166.4	26.842	121.6	33.396	103.9	39.896	96.9	46.346	96.6	52.750	97.5
21.560	159.8	28.157	136.5	34.701	118.5	41.189	107.8	47.631	102.3	54.025	99.9
22.887	89.3	29.470	107.8	36.004	110.0	42.481	107.9	48.913	104.7	55.299	102.0

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	177.01	3	137.82	5	118.75	7	109.15	9	104.69	11	102.30
2	46.29	4	73.83	6	87.22	8	93.85	10	96.94		

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	45.4	24.205	75.0	30.781	94.6	37.303	98.0
18.902	60.3	25.524	78.7	32.089	93.0	38.601	96.9
20.232	137.6	26.842	103.0	33.396	97.6	39.896	97.8
21.560	142.3	28.157	110.2	34.701	100.9	41.189	98.9
22.887	101.9	29.470	103.0	36.004	100.8	42.481	99.0

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	147.60	6	96.94
2	74.10	7	98.99
3	110.22		
4	92.76		
5	101.18		

Die Curve Aa N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	38.3	24.205	87.9	30.781	96.7	37.303	96.9
18.902	51.6	25.524	87.8	32.089	95.7	38.601	96.6
20.232	116.5	26.842	95.9	33.396	96.1	39.896	96.7
21.560	127.2	28.157	100.1	34.701	96.9		
22.887	105.9	29.470	98.9	36.004	97.1		

Max. und Min.

№	q
1	129.02
2	86.00
3	100.29
4	95.58
5	97.14

Die Curve Aa N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.6	21.560	110.3	25.524	91.7	29.470	95.0	33.396	94.2
18.902	41.7	22.887	102.9	26.842	93.0	30.781	94.8		
20.232	95.9	24.205	93.8	28.157	94.3	32.089	94.2		

Max. und Min.

№	q
1	110.58
2	91.34
3	94.95

Die Curve Aa N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	45.2	22.887	184.6	28.157	179.8	33.396	179.9	208.343	180.45
18.902	61.3	24.205	182.8	29.470	180.3	54.875	180.2		
20.232	145.8	25.524	180.9	30.781	180.1	106.799	180.4		
21.560	179.2	26.842	180.4	32.089	179.9	157.489	180.4		

Max. und Min.

№	q
1	184.67
2	179.88

Die Curve Aa N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	49.4	22.887	164.4	26.842	171.45	30.781	172.7	38.817	172.8	106.799	172.95
20.232	115.4	24.205	169.6	28.157	172.5	32.089	172.75	44.202	172.75	157.489	173.0
21.560	149.8	25.524	171.5	29.470	172.7	33.396	172.75	54.875	172.8	208.343	173.0

Die Curve Aa N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	43.4	22.887	154.7	26.842	167.9	38.817	169.6	157.489	169.7
20.232	106.4	24.205	162.6	29.470	168.9	54.875	169.6	208.343	169.75
21.560	140.0	25.524	166.3	32.089	169.4	106.799	169.65		

Die Curve Aa N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	33.9	28.157	151.9	44.202	156.95
20.232	77.3	29.470	153.8	54.875	157.0
21.560	107.0	30.781	155.0	106.799	157.3
22.887	126.0	32.089	155.8	157.489	157.3
24.205	137.1	33.396	156.4	208.343	157.5
25.524	144.6	36.004	156.75		
26.842	149.0	38.601	156.8		

Die Curve Aa N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	21.6	28.157	126.0	39.896	138.5
20.232	53.4	29.470	129.2	44.202	139.0
21.560	77.2	30.781	131.9	54.875	139.4
22.887	93.2	32.089	133.9	81.086	139.6
24.205	105.4	33.396	135.6	106.799	139.7
25.524	114.0	35.570	137.0	157.489	139.75
26.842	121.0	37.736	137.9	208.343	139.8

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	65.0	26 842	135.7	36.004	116.0	45.060	89.0	54.025	100.9	62.907	103.9
18.902	83.0	28.157	149.8	37.303	87.2	46.346	94.2	55.299	106.2	64.170	101.6
20.232	185.1	29.470	106.9	38.601	79.3	47.631	105.9	56.571	105.0	65.432	98.9
21.560	168.2	30.781	66.0	39.896	97.7	48.913	110.2	57.841	92.7		
22.887	82.1	32.089	70.7	41.189	115.7	50.193	103.2	59.110	97.1		
24.205	31.9	33.395	110.3	42.481	114.2	51.473	95.8	60.277	99.7		
25.524	69.2	34.701	130.8	43.772	98.2	52.750	95.0	61.643	103.1		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	193.53	4	62.03	7	118.78	10	93.96	13	103.89
2	31.94	5	130.68	8	88.82	11	106.71		
3	153.04	6	78.89	9	110.74	12	97.13		

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.0	24.205	55.0	30.781	84.4	37.303	95.9	43.772	99.1	50.193	99.9
18.902	74.0	25.524	75.1	32.089	85.3	38.601	93.0	45.060	96.8		
20.232	162.0	26.842	115.8	33.395	100.9	39.896	98.0	46.346	97.9		
21.560	156.4	28.157	125.7	34.701	109.9	41.189	102.8	47.631	99.9		
22.887	91.3	29.470	104.1	36.004	105.1	42.481	102.8	48.913	100.9		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	170.49	3	126.74	5	109.85	7	103.37	9	100.89
2	55.03	4	82.04	6	92.74	8	96.94		

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.2	24.205	77.0	30.781	93.2	37.303	95.7
18.902	58.7	25.524	83.0	32.089	92.5	38.601	94.9
20.232	130.7	26.842	99.5	33.395	75.3	39.896	95.5
21.560	133.7	28.157	104.2	34.701	97.4		
22.887	98.3	29.470	99.1	36.004	96.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	140.93	6	94.95
2	76.22		
3	104.19		
4	92.14		
5	97.50		

Die Curve Ab N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	38.0	22.887	99.6	28.157	95.1	33.395	92.3
18.902	49.0	24.205	85.0	29.470	94.0	34.701	93.0
20.232	112.0	25.524	85.8	30.781	92.7	36.004	93.0
21.560	119.0	26.842	92.2	32.089	92.0		

Max. und Min.

№	q
1	121.68
2	84.00
3	95.25
4	91.97

Die Curve Ab N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.2	21.560	204.1	25.524	172.1	29.470	177.2	33.396	176.6
18.902	78.3	22.887	189.3	26.842	174.5	30.781	176.5		
20.232	181.3	24.205	175.0	28.157	176.7	32.089	176.5		

Max. und Min.

№	q
1	204.41
2	172.26
3	177.15

Die Curve Ab N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	61.3	21.560	163.1	24.205	164.8	26.842	162.6	29.470	162.9
20.232	135.8	22.887	167.3	25.524	163.2	28.157	162.8		

Max. und Min.

№	q
1	167.39
1	162.65

Die Curve Ab N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	47.2	25.524	151.0	32.089	151.4
20.232	108.0	26.842	151.5	54.875	151.7
21.560	136.1	28.157	151.6	106.799	151.8
22.887	146.7	29.470	151.6	157.489	151.8
24.205	150.1	30.781	151.4	208.343	151.8

Die Curve Ab N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	37.9	25.524	138.9	54.875	141.95
20.232	92.1	26.842	140.5	106.799	141.95
21.560	117.1	29.470	141.4	157.489	141.95
22.887	129.9	32.089	141.85	208.343	142.0
24.205	136.8	38.817	141.9		

Die Curve Ab N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	29.4	25.524	118.0	54.875	125.3
20.232	68.4	26.842	121.1	106.799	125.35
21.560	90.6	29.470	123.9	157.489	125.4
22.887	105.1	32.084	124.7	208.343	125.45
24.205	113.0	38.817	125.2		

Die Curve Ab N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	21.1	25.524	95.1	54.875	106.9
20.232	50.0	26.842	99.1	106.799	107.0
21.560	68.6	29.470	103.1	157.489	107.05
22.887	81.5	32.089	105.1	208.343	107.05
24.205	89.9	38.817	106.7		

Die Curve Ab N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.902	13.7	25.524	70.2	54.875	84.4
20.232	34.1	26.842	74.2	106.799	84.5
21.560	48.0	29.470	79.0	157.489	84.6
22.887	57.2	32.089	81.6	208.343	84.65
24.205	65.0	38.817	83.7		

Die Curve Ab N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.0	25.524	55.3	54.875	69.9
20.232	25.4	26.842	59.0	106.799	70.0
21.560	37.1	29.470	63.6	157.489	70.1
22.887	44.5	32.089	66.2	208.343	70.15
24.205	51.2	38.817	69.2		

Die Curve Ac N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	66.1	24.205	77.0	30.781	97.5	37.303	100.9
18.902	81.6	25.524	88.1	32.089	98.0	38.601	100.2
20.232	167.3	26.842	104.7	33.396	100.1	39.896	100.4
21.560	144.4	28.157	108.8	34.701	101.6		
22.887	96.2	29.470	103.5	36.004	101.4		

Max. und Min.

№	q
1	169.28
2	77.02
3	108.86
4	97.93
5	101.80

Die Curve Ac N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.0	22.887	93.2	28.157	97.2	33.396	93.5
18.902	69.2	24.205	79.8	29.470	94.8	34.701	94.0
20.232	139.7	25.524	87.1	30.781	92.8		
21.560	126.7	26.842	95.8	32.089	92.8		

Max. und Min.

№	q
1	141.81
2	79.89
3	97.96
4	92.66

Die Curve Ac N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	41.4	22.887	83.9	28.157	83.8	33.396	83.0	208.343	83.0
18.902	53.8	24.205	77.3	29.470	83.1	54.875	82.9		
20.232	107.0	25.524	80.0	30.781	82.7	106.799	82.95		
21.560	101.7	26.842	83.2	32.089	82.8	157.489	83.0		

Max. und Min.

№	q
1	109.42
2	77.19
3	83.90

Die Curve Ac N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	88.5	22.887	151.7	26.842	148.1	30.781	148.0	157.489	148.4
20.232	174.2	24.205	143.9	28.157	148.8	54.875	148.2	208.343	148.5
21.560	171.2	25.524	145.9	29.470	148.2	106.799	148.3		

Max. und Min.

№	q
1	179.07
2	143.86
3	148.81

Die Curve Ac N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	67.5	22.887	131.4	26.842	128.5	54.875	128.8	208.343	129.0
20.232	136.9	24.205	127.7	28.157	128.9	106.799	128.9		
21.560	140.1	25.524	128.0	29.470	128.7	157.489	128.95		

Max. und Min.

№	q
1	142.70
2	127.59
3	128.95

Die Curve Ac N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	43.7	22.887	105.2	26.842	104.1	106.799	104.1
20.232	97.8	24.205	104.1	33.396	104.1	157.489	104.1
21.560	106.8	25.524	104.0	54.875	104.1	208.343	104.1

Max. und Min.

№	q
1	106.79
2	104.00

Die Curve Ac N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	38.0	24.205	87.45	54.875	87.4
20.232	77.4	25.524	87.3	106.799	87.45
21.560	87.0	26.842	87.3	157.489	87.45
22.887	87.4	33.396	87.35	208.343	87.45

Die Curve Ac N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	31.1	24.205	75.2	54.875	75.35
20.232	63.4	25.524	75.2	106.799	75.4
21.560	72.6	26.842	75.2	157.489	75.4
22.887	74.5	33.396	75.3	208.343	75.4

Die Curve Ac N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	28.3	24.205	70.2	54.875	70.5
20.232	59.8	25.524	70.35	106.799	70.55
21.560	67.5	26.842	70.4	157.489	70.55
22.887	69.6	33.396	70.45	208.343	70.6

Die Curve Ac N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	16.2	24.205	43.7	54.875	44.4
20.232	33.8	25.524	44.15	106.799	44.45
21.560	40.5	26.842	44.25	157.489	44.45
22.887	43.0	33.396	44.35	208.343	44.5

Die Curve Ac N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.902	21.5	24.205	61.1	54.875	62.3
20.232	46.8	25.524	61.9	106.799	62.35
21.560	55.4	26.842	62.0	157.489	62.4
22.887	59.0	33.396	62.2	208.343	62.4

Die Curve Ac N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.902	13.6	24.205	40.1	54.875	41.1
20.232	29.0	25.524	40.5	106.799	41.1
21.560	35.4	26.842	40.9	157.489	41.1
22.887	38.4	33.396	41.1	208.343	41.1

Die Curve Ad N:o 1. Max. = 139.17.

t	q	t	q	t	q
18.564	60.2	22.887	110.9	33.396	99.9
18.902	83.1	24.205	103.9	54.875	99.9
19.567	131.9	25.524	101.6	106.799	99.9
20.232	138.8	26.842	100.1	157.489	99.9
21.560	124.7	28.157	99.9	208.343	99.9

Die Curve Ad N:o 2. Max. = 103.23.

t	q	t	q	t	q
18.564	48.1	22.887	86.0	33.396	81.5
18.902	62.0	24.205	83.0	54.875	81.6
19.567	96.9	25.524	81.8	106.799	81.6
20.232	103.1	26.842	81.7	157.489	81.6
21.560	94.1	30.126	81.45	208.343	81.6

Die Curve Ad N:o 3. Max. = 139.37.

t	q	t	q	t	q
18.564	62.2	22.887	123.5	33.396	121.0
18.902	81.0	24.205	121.3	54.875	121.0
19.567	128.9	25.524	121.0	106.799	121.0
20.232	139.4	26.842	121.0	157.489	121.0
21.560	130.3	28.157	121.0	208.343	121.0

Die Curve Ad N:o 4. Max. = 213.20.

t	q	t	q	t	q
18.564	94.6	22.887	195.6	54.875	194.5
18.902	121.5	24.205	194.5	106.799	194.5
19.567	195.5	25.524	194.5	157.489	194.55
20.232	213.3	26.842	194.5	208.343	194.55
21.560	203.3	33.396	194.5		

Die Curve Ad N:o 5. Max. = 157.49

t	q	t	q	t	q
18.564	71.9	22.887	150.2	54.875	150.0
18.902	92.0	24.205	150.0	106.799	150.1
19.567	145.3	25.524	150.0	157.489	150.1
20.232	157.0	26.842	150.0	208.343	150.1
21.560	153.0	33.396	150.1		

Die Curve Ad N:o 6. Max. = 125.02

t	q	t	q	t	q
18.564	56.2	22.887	123.3	54.875	123.3
18.902	69.0	24.205	123.3	106.799	123.3
19.567	115.3	25.524	123.3	157.489	123.3
20.232	125.0	26.842	123.25	208.343	123.3
21.560	124.4	33.396	123.3		

Die Curve Ad N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	51.3	22.887	114.7	54.875	114.6
18.902	64.5	24.205	114.5	106.799	114.7
19.567	103.1	25.524	114.5	157.489	114.8
20.232	114.1	26.842	114.5	208.343	114.8
21.560	115.1	33.396	114.5		

Die Curve Ad N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	41.1	22.887	93.4	54.875	93.5
18.902	52.1	24.205	93.3	106.799	93.5
19.567	83.6	25.524	93.4	157.489	93.6
20.232	92.2	26.842	93.4	208.343	93.6
21.560	93.4	33.396	93.5		

Die Curve Ad N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	34.1	22.887	78.9	54.875	79.1
18.902	44.5	24.205	78.9	106.799	79.1
19.567	69.2	25.524	78.9	157.489	79.1
20.232	77.1	26.842	79.05	208.343	79.1
21.560	78.9	33.396	79.1		

Die Curve Ad N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	20.0	22.887	48.4	106.799	48.65
18.902	26.2	24.205	48.4	157.489	48.9
19.567	42.1	26.842	48.4	208.343	49.0
20.232	47.1	33.396	48.45		
21.560	48.3	54.875	48.5		

N:o 1.

Die Curve Ae N:o 1. Max. = 102.90.

t	q	t	q	t	q
18.564	57.1	24.205	99.9	54.875	95.0
18.902	74.1	25.524	99.7	81.089	94.6
19.567	102.9	26.842	98.9	106.799	94.5
20.232	102.7	30.126	97.8	157.489	94.5
21.560	101.5	33.396	96.9	208.343	94.5
22.887	100.9	44.202	95.4		

Die Curve Ae N:o 2. Max. = 87.37.

t	q	t	q	t	q
18.564	51.1	24.205	85.6	54.875	84.25
18.902	65.4	25.524	85.35	81.086	84.2
19.567	87.4	26.842	85.2	106.799	84.3
20.232	87.2	30.126	84.8	157.489	84.3
21.560	86.4	33.396	84.4	208.343	84.35
22.887	86.0	44.202	84.3		

Die Curve Ae N:o 3.

t	q	t	q	t	q
18.564	58.8	22.887	98.2	54.875	97.8
18.902	75.4	24.205	98.2	106.799	97.9
19.567	99 2	25.524	98.1	157.489	97.8
20.232	99.2	26.842	98.1	208.343	97.8
21.560	98.2	33.396	98.0		

Die Curve Ae N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.564	44.3	22.887	78.5	106.799	78.25
18.902	58.6	24.205	78.45	157.489	78.3
19.567	79.2	26.842	78.4	208.343	78.3
20.232	78.9	33.396	78.35		
21.560	78.6	54.875	78.3		

Die Curve Ae N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	30.3	19.567	52.9	21.560	52.3	24.205	52.25	54.875	52.3	157.489	52.3
18.902	39.0	20.232	52.5	22.887	52.2	26.842	52.3	106.799	52.3	208.343	52.3

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ba № 1.	7001.9	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	101.09	1100	18°.0
Ba № 2.	7002.5	33.95	0.06	1 Acc.	510.7	101.10	1100	18°.5

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Bb № 1.	3499.9	3.54	0.06	1 Acc.	510.7	101.09	1100	18°.5
Bb № 2.	3499.3	33.90	0.06	1 Acc.	510.6	101.08	1100	17°.5
Bc № 1.	875.2	3.53	0.06	1 Acc.	510.6	101.11	1100	17°.7
Bc № 2.	875.2	33.91	0.06	1 Acc.	510.6	101.08	1100	17°.8
Bd № 1.	288.96	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	101.05	1100	18°.1
Bd № 2.	288.97	33.92	0.06	1 Acc.	510.7	101.04	1100	18°.2
Be № 1.	49.85	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	101.05	1100	18°.3
Be № 2.	49.85	33.94	0.06	1 Acc.	510.7	101.07	1100	18°.4

Die Curve Ba N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	47.4	25.854	152.8	34.701	133.3	43.450	95.3	52.112	93.4	60.693	101.3
18.902	81.2	26.842	59.5	35.678	125.3	44.417	112.2	53.069	98.3	61.643	98.1
19.456	184.4	27.828	34.2	36.654	85.2	45.382	112.1	54.025	104.9	62.591	98.8
19.900	226.8	28.814	95.9	37.628	72.9	46.346	98.8	54.981	106.1	63.538	102.1
20.896	183.3	29.798	150.6	38.601	91.1	47.310	89.2	55.936	100.4	64.485	103.2
21.891	44.0	30.781	136.6	39.572	118.4	48.272	96.1	56.889	96.2	65.432	101.3
22.883	− 0.5	31.762	79.5	40.543	118.2	49.233	107.4	57.841	98.1	208.343	100.89
23.873	102.7	32.743	58.2	41.513	95.1	50.194	108.4	58.793	102.9		
24.865	183.4	33.723	97.3	42.481	82.9	51.153	100.1	59.744	104.3		

Maxima und Minima der Curve Ba N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	234.67	4	32.28	7	135.95	10	82.88	13	110.07	16	96.14
2	− 6.27	5	155.80	8	72.67	11	115.04	14	93.37	17	104.57
3	186.39	6	56.97	9	123.23	12	89.26	15	106.79	18	97.70

Die Curve Ba N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	44.1	24.865	165.8	32.743	72.7	40.543	109.5	48.272	98.0	55.936	100.3
18.902	78.3	25.854	143.6	33.723	96.1	41.513	97.3	49.233	103.2	56.889	98.9
19.456	172.2	26.842	74.0	34.701	120.0	42.481	91.4	50.194	103.7	208.343	100.42
19.900	209.5	27.828	50.5	35.678	115.3	43.450	97.8	51.153	100.1		
20.896	175.5	28.814	93.5	36.654	93.0	44.417	105.8	52.112	97.4		
21.891	59.2	29.798	134.9	37.628	84.3	45.382	106.1	53.069	99.0		
22.883	13.0	30.781	125.9	38.601	95.1	46.346	99.3	54.025	101.9		
23.873	94.5	31.762	86.8	39.572	110.2	47.310	95.3	54.981	102.2		

Maxima und Minima der Curve Ba N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	221.16	4	49.72	7	121.80	10	91.25	13	104.10
2	9.90	5	138.38	8	84.31	11	107.09	14	97.46
3	168.16	6	72.00	9	112.26	12	95.34	15	102.54

Die Curve Bb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	47.7	22.883	20.3	28.814	94.1	34.701	111.1	40.543	105.1	46.345	101.0
18.902	78.0	23.873	91.4	29.798	124.0	35.678	109.3	41.513	100.1	47.310	99.2
19.456	176.9	24.865	156.0	30.781	118.0	36.654	97.9	42.481	97.3	48.272	99.9
19.900	218.7	25.854	138.4	31.762	92.6	37.628	93.1	43.450	99.3		
20.896	173.6	26.842	79.7	32.743	84.2	38.601	98.0	44.417	102.4		
21.891	54.4	27.828	64.2	33.723	97.7	39.572	104.9	45.382	102.9		

Maxima und Minima der Curve Bb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	224.91	3	156.75	5	126.00	7	112.06	9	106.12	11	103.10
2	17.46	4	63.40	6	83.91	8	93.14	10	97.34	12	99.02

Die Curve Bb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	44.0	22.883	33.9	28.814	94.1	34.701	106.2	40.543	102.1	46.346	99.7
18.902	75.4	23 873	96.2	29.798	115.4	35.678	105.0	41.513	99.4	208.343	99.92
19.456	174.9	24.865	142.6	30.781	111.9	36.654	97.9	42.481	98.1		
19.900	205.1	25.854	128.2	31.762	95.1	37.628	95.3	43.450	99.1		
20.896	172.4	26.842	85.5	32.743	89.2	38.601	98.1	44.417	100.6		
21.891	62.3	27.828	73.2	33.723	97.8	39.572	102.1	45.382	100.6		

Maxima und Minima der Curve Bb N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	210.65	3	143.89	5	117.20	7	106.66	9	102.74	11	101.11
2	30.10	4	72.20	6	88.84	8	95.41	10	98.13		

Die Curve Bc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	37.4	21.891	103.9	26.842	101.4	208.343	100.45
18.902	70.4	22.883	83.4	27.828	100.0		
19.456	157.8	23.873	93.6	28.814	100.1		
19.900	182.4	24.865	102.5	29.798	100.3		
20.896	161.3	25.854	104.0	30.781	100.5		

Max. und Min.

№	q
1	184.73
2	83.31
3	104.13
4	99.82
5	100.69

Die Curve Bc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	36.3	21.891	97.1	26.842	97.8	208.343	98.10
18.902	58.0	22.883	83.2	27.828	96.3		
19.456	138.9	23.873	90.7	28.814	96.5		
19.900	165.7	24.865	98.2	29.798	97.1		
20.896	143.9	25.854	99.1	30.781	97.1		

Max. und Min.

№	q
1	168.61
2	83.25
3	99.52
4	96.31
5	97.14

N:o 1.

Die Curve Bd N:o 1. Max. = 143.14.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.4	20.896	128.1	24.865	102.7	31.217	99.9	106.799	99.8
18.902	65.5	21.891	114.0	25.854	101.5	33.396	99.8	157.489	99.8
19.456	137.9	22.883	109.1	26.842	100.8	44.202	99.8	208.343	99.8
19.900	143.0	23.873	104.8	29.033	100.1	54.875	99.8		

Die Curve Bd N:o 2. Max. = 122.23.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	30.3	19.900	122.1	22.883	95.5	25.854	90.5	33.396	89.95	157.489	89.85
18.902	56.2	20.896	110.3	23.873	92.9	26.842	90.2	54.875	89.9	208.343	89.85
19.456	117.8	21.891	100.9	24.865	91.5	29.033	90.0	106.799	89.9		

Die Curve Be N:o 1. Max. = 102.41.

t	q	t	q	t	q
18.564	36.4	23.873	99.8	38.817	95.7
18.902	59.4	24.865	99.2	44.202	95.1
19.456	102.4	25.854	98.9	54.875	94.5
19.900	102.2	26.842	98.5	81.086	94.25
20.896	101.6	29.033	98.1	106.799	94.2
21.891	101.1	31.217	97.1	157.489	94.2
22.883	100.3	33.396	96.7	208.343	94.2

Die Curve Be N:o 2. Max. = 62.20.

t	q	t	q	t	q
18.564	21.3	23.873	60.6	54.875	59.15
18.902	38.1	24.865	60.4	106.799	59.1
19.456	62.2	25.854	60.3	157.489	59.15
19.900	61.8	26.842	60.2	208.343	59.2
20.896	61.5	30.126	59.7		
21.891	61.2	33.396	59.4		
22.883	60.9	44.202	59.2		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

Abth. C. $L = 0.5933$ Henry. $C = 0.5071$ Mikrof.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ca № 1.	7002.5	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	76.31	2000	18°.6
Ca № 2.	7001.3	33.89	0.06	1 Acc.	510.6	76.32	2000	17°.4

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Cb № 1.	3499.4	3.53	0.06	1 Acc.	510.6	76.31	2000	17°.8
Cb № 2.	3499.4	33.91	0.06	1 Acc.	510.6	76.28	2000	17°.8
Cc № 1.	875.2	3.53	0.06.	1 Acc.	510.7	76.29	2000	18°.0
Cc № 2.	875.2	33.92	0.06	1 Acc.	510.7	76.31	2000	18°.0
Cd № 1.	288.81	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	76.31	2000	18°.4
Cd № 2.	288.81	33.94	0.06	1 Acc.	510.7	76.32	2000	18°.4
Ce № 1.	49.85	3.53	0.06	1 Acc.	510.7	76.34	2000	18°.5
Ce № 2.	49.85	33.94	0.06	1 Acc.	510.7	76.32	2000	18°.5

Die Curve Ca N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	12.0	23.544	147.7	28.814	47.3	34.049	88.5	39.249	71.7	44.417	78.1
18.902	31.0	24.205	99.3	29.470	70.3	34.701	79.2	39.896	75.3	45.060	77.2
19.567	188.8	24.865	27.8	30.126	94.3	35.353	69.6	40.543	78.6	45.703	75.3
20.232	183.0	25.524	31.1	30.781	94.3	36.004	69.0	41.189	79.1	46.346	75.1
20.896	69.9	26.183	86.3	31.435	72.4	36.654	77.6	41.835	76.4	208.343	76.30
21.560	— 23.2	26.842	115.6	32.089	61.3	37.303	82.3	42.481	74.1		
22.222	14.4	27.500	98.8	32.743	68.3	37.952	80.3	43.127	74.5		
22.883	114.6	28.157	58.5	33.396	82.3	38.601	75.0	43.772	76.6		

Maxima und Minima der Curve Ca N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	213.96	4	22.06	7	97.59	10	67.81	13	79.58	16	75.00
2	— 24.53	5	116.29	8	60.69	11	82.38	14	73.80		
3	150.22	6	47.03	9	87.62	12	71.72	15	78.14		

Die Curve Ca N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	11.0	22.883	101.5	27.500	92.3	32.089	65.7	36.654	76.3	41.189	77.3
18.902	33.6	23.544	135.6	28.157	63.1	32.743	70.3	37.303	79.3	41.835	76.1
19.567	167.1	24.205	102.9	28.814	65.7	33.396	80.4	37.952	78.0	42.481	74.6
20.232	177.9	24.865	38.2	29.470	70.3	34.049	82.6	38.601	74.8	43.127	75.1
20.896	71.4	25.524	41.9	30.126	88.3	34.701	77.3	39.249	73.4	208.343	75.97
21.560	— 11.0	26.183	82.5	30.781	88.0	35.353	71.7	39.896	75.3		
22.222	19.5	26.842	106.2	31.435	73.3	36.004	71.3	40.543	77.3		

Maxima und Minima der Curve Ca N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	201.03	4	33.03	7	90.75	10	70.99	13	77.57
2	— 11.76	5	105.91	8	65.58	11	79.38	14	74.60
3	137.13	6	54.61	9	83.08	12	73.27		

Die Curve Cb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	12.9	21.560	5.4	24.865	54.9	28.157	73.0	31.435	76.4	34.701	76.7
18.902	37.5	22.222	32.1	25.524	57.3	28.814	68.7	32.089	74.0	35.353	75.8
19.567	183.3	22.883	97.9	26.183	77.3	29.470	73.6	32.743	74.6	36.004	75.5
20.232	172.0	23.544	115.1	26.842	89.2	30.126	79.7	33.396	76.7	36.654	76.3
20.896	70.3	24.205	85.3	27.500	83.3	30.781	80.3	34.049	77.5	208.343	76.28

Maxima und Minima der Curve Cb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	200.15	3	116.56	5	89.49	7	80.51	9	77.60
2	5.47	4	53.23	6	68.71	8	73.67	10	75.50

Die Curve Cb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	16.2	22.883	97.3	27.500	80.6	32.089	74.0
18.902	45.0	23.544	106.5	28.157	72.1	32.743	74.5
19.567	178.9	24.205	81.3	28.814	70.3	33.396	76.0
20.232	154.3	24.865	58.3	29.470	73.7	34.049	76.4
20.896	65.1	25.524	61.3	30.126	78.1	208.343	75.57
21.560	14.4	26.183	77.3	30.781	78.0		
22.222	44.2	26.842	85.3	31.435	75.3		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	187.52	8	74.07
2	14.80	9	76.57
3	108.81		
4	57.48		
5	85.31		
6	70.29		
7	78.61		

Die Curve Cc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	17.9	20.896	89.0	23.544	76.1	26.183	76.0	157.489	76.1
18.902	51.2	21.560	71.5	24.205	76.3	26.842	76.1	208.343	76.1
19.567	151.3	22.222	71.1	24.865	76.3	54.875	76.1		
20.232	125.0	22.883	74.1	25.524	76.1	106.799	76.1		

Max. und Min.

№	q
1	152.13
2	70.32
3	76.50
4	76.03

Die Curve Cc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	18.0	20.896	83.6	23.544	73.3	26.183	73.25	157.489	73.3
18.902	43.5	21.560	69.5	24.205	73.6	26.842	73.3	208.343	73.3
19.567	137.9	22.222	69.0	24.865	73.4	54.875	73.3		
20.232	113.3	22.883	72.0	25.524	73.3	106.799	73.3		

Max. und Min.

№	q
1	138.68
2	68.71
3	73.73
4	73.23

Die Curve Cd N:o 1. Max. = 110.94.

t	q	t	q	t	q
18.564	16.3	22.883	82.1	29.033	75.7
18.902	43.1	23.544	79.8	33.396	75.4
19.567	110.3	24.205	78.7	44.202	75.3
20.232	101.0	24.865	77.5	54.875	75.25
20.896	93.6	25.524	77.0	106.799	75.25
21.560	88.1	26.183	76.6	157.489	75.25
22.222	84.7	26.842	76.3	208.343	75.25

Die Curve Cd N:o 2. Max. = 94.95.

t	q	t	q	t	q
18.564	14.6	22.883	72.3	33.396	68.1
18.902	41.4	23.544	70.8	54.875	68.1
19.567	94.3	24.205	70.1	106.799	68.1
20.232	86.6	24.865	69.3	157.489	68.1
20.896	81.1	25.524	68.9	208.343	68.1
21.560	76.5	26.183	68.6		
22.222	74.0	26.842	68.45		

N:o 1.

Die Curve Ce N:o 1. Max. = 77.57.

t	q	t	q	t	q
18.564	17.0	22.222	76.25	81.086	71.45
18.902	45.1	22.883	76.0	106.799	71.4
19.567	77.3	23.544	75.6	157.489	71.4
20.232	77.2	26.842	74.5	208.343	71.4
20.896	76.9	33.396	73.25		
21.560	76.45	54.875	71.7		

Die Curve Ce N:o 2. Max. = 47.01.

t	q	t	q	t	q
18.564	9.8	22.222	46.2	81.086	44.6
18.902	29.5	22.883	46.1	106.799	44.6
19.567	46.8	23.544	45.9	157.489	44.55
20.232	46.6	26.842	45.4	208.343	44.55
20.896	46.4	33.396	44.95		
21.560	46.3	54.875	44.65		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Ladungscurven).

Abth. D. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Da № 1.	7003.6	2.14	0.06	1 Acc.	510.8	101.01	480	19°.5
Da № 2.	7003.6	32.59	0.06	1 Acc.	510.8	101.09	480	19°.5
Db № 1.	3500.6	2.14	0.06	1 Acc.	510.9	101.15	480	19°.7
Db № 2.	3501.0	32.64	0.06	1 Acc.	510.9	101.13	480	20°.4
Dc № 1.	875.6	2.14	0.06	1 Acc.	511.0	101.18	480	20°.6
Dc № 2.	875.6	32.65	0.06	1 Acc.	511.0	101.19	480	20°.6
Dd № 1.	289.07	2.14	0.06	1 Acc.	510.9	101.15	480	20°.4
Dd № 2.	289.07	32.64	0.06	1 Acc.	510.9	101.18	480	20°.4
De № 1.	49.87	2.14	0.06	1 Acc.	510.9	101.24	480	20°.4
De № 2.	49.87	32.64	0.06	1 Acc.	510.9	101.21	480	20°.4

Die Curve Da N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.0	20.453	150.7	22.773	80.0	25.085	99.1	27.390	120.7	29.689	76.0
18.902	81.5	21.228	89.0	23.544	134.6	25.854	63.8	28.157	134.7	30.453	78.4
19.679	145.4	22.001	51.0	24.315	143.9	26.622	74.0	28.923	107.7	31.217	108.6

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
31.980	127.5	37.303	92.8	42.589	92.5	47.845	110.6	53.069	97.4	58.264	97.9
32.743	113.5	38.060	83.0	43.342	108.9	48.593	104.2	53.813	94.4	59.004	103.7
33.505	84.8	38.817	96.8	44.094	113.5	49.340	95.2	54.556	98.1	59.745	105.7
34.266	79.6	39.574	112.6	44.846	103.7	50.086	93.1	55.299	105.9	60.483	102.0
35.027	101.9	40.328	112.9	45.596	91.4	50.833	101.9	56.042	106.2	61.221	97.6
35.787	120.9	41.082	98.1	46.346	93.3	51.579	107.9	56.783	100.7	61.959	97.7
36.546	115.2	41.836	87.0	47.096	103.9	52.324	105.9	57.524	96.0	208.343	101.01

Maxima und Minima der Curve Da N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	158.05	5	135.71	9	121.75	13	113.81	17	108.76	21	105.68
2	51.02	6	71.03	10	82.84	14	90.11	18	94.65	22	97.11
3	145.55	7	127.85	11	117.26	15	110.87	19	106.88		
4	62.06	8	77.69	12	86.97	16	92.66	20	95.95		

Die Curve Da N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.7	22.773	84.4	27.390	108.3	31.980	108.9	36.546	104.7	41.082	100.9
18.902	73.3	23.544	118.7	28.157	115.9	32.743	105.1	37.303	99.9	41.836	98.9
19.679	138.6	24.315	126.9	28.923	105.2	33.505	96.7	38.060	96.9	42.589	99.0
20.453	141.5	25.085	102.9	29.689	91.7	34.266	94.4	38.817	99.0	208.343	100.74
21.228	98.8	25.854	81.2	30.453	91.6	35.027	99.3	39.574	102.6		
22.001	65.0	26.622	89.0	31.217	101.9	35.787	104.9	40.328	103.0		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	149.18	3	127.90	5	115.88	7	108.93	9	105.21	11	103.27
2	64.00	4	80.19	6	89.15	8	94.28	10	97.14	12	98.63

N:o 1.

Die Curve Db N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	64.8	24.315	136.6	30.453	85.6	36.546	108.9	42.589	97.9	48.593	102.9
18.902	85.4	25.085	100.1	31.217	106.0	37.303	96.7	43.342	103.9	49.340	99.1
19.679	147.1	25.854	71.7	31.980	117.8	38.060	92.0	44.094	106.0	50.086	98.1
20.453	146.5	26.622	81.8	32.743	108.3	38.817	98.9	44.846	102.6	50.833	99.9
21.228	90.9	27.390	114.0	33.505	92.0	39.574	106.9	45.596	97.3	51.579	103.1
22.001	56.0	28.157	125.4	34.266	87.5	40.328	107.0	46.346	97.8	52.324	102.5
22.773	82.0	28.923	105.0	35.027	100.1	41.082	100.1	47.096	101.9	53.069	100.1
23.544	131.5	29.689	84.0	35.787	112.0	41.836	95.0	47.845	104.7	208.343	101.01

Maxima und Minima der Curve Db N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	156.17	4	70.46	7	117.99	10	91.80	13	106.21	16	98.10
2	56.00	5	126.12	8	86.99	11	108.86	14	96.94	17	103.30
3	137.89	6	80.42	9	112.66	12	94.85	15	104.79	18	98.96

Die Curve Db N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.0	22.001	67.6	25.854	85.2	29.689	94.1	33.505	97.7	37.303	99.6
18.902	76.0	22.773	82.7	26.622	88.4	30.453	93.7	34.266	97.3	38.060	98.2
19.679	137.4	23.544	117.2	27.390	103.9	31.217	100.9	35.027	99.3	38.817	99.3
20.453	140.0	24.315	121.9	28.157	111.0	31.980	105.4	35.787	102.6	208.343	100.09
21.228	96.9	25.085	101.9	28.923	104.1	32.743	103.1	36.546	102.1		

Maxima und Minima der Curve Db N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	146.96	3	122.92	5	112.03	7	105.61	9	102.90
2	68.10	4	84.17	6	92.29	8	96.24	10	98.23

Die Curve Dc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	62.0	22.773	91.1	27.390	101.9	31.980	101.8
18.902	78.3	23.544	110.2	28.157	104.9	32.743	101.7
19.679	142.3	24.315	113.7	28.923	102.7	33.505	100.8
20.453	135.2	25.085	102.3	29.689	99.6	34.266	100.3
21.228	98.9	25.854	94.3	30.453	99.0	208.343	100.91
22.001	76.2	26.622	95.7	31.217	100.9		

Maxima und Minima.

N	q	N	q
1	146.64	7	102.00
2	76.25	8	100.32
3	114.01		
4	93.95		
5	104.88		
6	99.93		

Die Curve Dc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.8	22.001	80.8	25.854	94.2	29.689	96.9
18.902	76.5	22.773	90.2	26.622	95.0	30.453	96.9
19.679	128.9	23.544	103.1	27.390	97.8	31.217	96.9
20.453	127.8	24.315	104.9	28.157	98.9	208.343	97.2
21.228	95.2	25.085	98.9	28.923	97.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	134.32	6	96.64
2	80.45		
3	105.08		
4	93.89		
5	98.96		

Die Curve Dd N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.3	21.228	104.0	24.315	100.9	54.875	100.5
18.902	80.0	22.001	96.9	25.085	100.8	106.799	100.8
19.679	129.7	22.773	97.8	25.854	100.7	157.489	100.7
20.453	121.9	23.544	99.9	33.396	100.9	208.343	100.65

Max. und Min.

№	q
1	131.47
2	96.74
3	100.98

Die Curve Dd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.7	21.228	93.0	24.315	90.8	54.875	90.6
18.902	71.3	22.001	88.2	25.085	91.0	106.799	90.65
19.679	111.8	22.773	89.0	25.854	90.5	157.489	90.6
20.453	106.7	23.544	90.4	33.396	90.5	208.343	90.55

Max. und Min.

N	q
1	112.33
2	88.06
3	90.97

Die Curve De N:o 1. Max. = 105.35.

t	q	t	q	t	q
18.564	59.0	22.773	100.7	33.396	97.4
18.902	77.0	23.544	99.9	44.202	97.0
19.679	105.1	24.315	99.4	54.875	97.0
20.453	103.7	25.085	98.8	106.799	97.05
21.228	102.6	25.854	98.6	157.489	97.05
22.001	101.5	27.938	97.9	208.343	97.05

Die Curve De N:o 2. Max. = 63.03.

t	q	t	q	t	q
18.564	34.6	22.773	60.8	33.396	60.0
18.902	47.5	23.544	60.6	44.202	60.0
19.679	63.0	24.315	60.3	54.875	59.95
20.453	62.0	25.085	60.2	106.799	60.0
21.228	61.6	25.854	60.15	157.489	60.0
22.001	61.0	27.938	60.0	208.343	60.0

Verzeichniss der Curven der Abtheilung E. (Ladungscurven).

Abth. E. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.08875$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ea № 1.	7003.2	1.59	0.06	1 Acc.	510.8	101.10	480	19°.0
Ea № 2.	7003.3	32.02	0.06	1 Acc.	510.8	101.11	480	19°.1
Eb № 1.	3500.5	1.59	0.06	1 Acc.	510.8	101.13	480	19°.5
Eb № 2.	3500.7	32.06	0.06	1 Acc.	510.9	101.11	480	19°.8
Ec № 1.	875.5	1.59	0.06	1 Acc.	510.9	101.12	480	19°.8
Ec № 2.	875.5	32.04	0.06	1 Acc.	510.8	101.13	480	19°.5
Ed № 1.	289.03	1.59	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.6
Ed № 2.	289.04	32.06	0.06	1 Acc.	510.9	101.17	480	19°.8
Ee № 1.	49.86	1.59	0.06	1 Acc.	510.9	101.14	480	20°.1
Ee № 2.	49.86	32.08	0.06	1 Acc.	510.9	101.12	480	20°.3

Die Curve Ea N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.0	19.678	138.4	21.339	74.7	22.994	109.9	24.645	110.3	26.293	83.9
18.902	85.4	20.232	117.0	21.891	108.9	23.544	80.0	25.195	121.7	26.842	89.2
19.124	105.3	20.786	79.3	22.443	129.5	24.094	82.0	25.744	103.7	27.390	108.0

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
27.938	115.8	31.217	100.3	34.484	94.0	37.736	98.0	40.974	103.7	44.739	100.9
28.486	101.7	31.762	91.7	35.027	96.7	38.277	104.3	41.513	104.1	45.275	98.8
29.033	88.3	32.307	95.0	35.570	105.8	38.817	105.4	42.051	100.7	45.810	99.9
29.580	93.1	32.852	106.0	36.112	106.9	39.357	100.9	42.589	97.9	46.346	102.9
30.126	109.2	33.396	108.9	36.654	100.1	39.896	97.0	43.664	102.8	208.343	101.04
30.672	111.8	33.940	100.0	37.195	95.8	40.435	98.9	44.202	103.3		

Maxima und Minima der Curve Ea N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	139.37	5	121.98	9	112.73	13	107.20	17	104.59
2	68.43	6	82.94	10	90.97	14	95.32	18	98.00
3	129.46	7	116.43	11	109.72	15	105.88	19	103.82
4	76.79	8	87.69	12	93.66	16	97.01	20	98.86

Die Curve Ea N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59,5	21.339	82.0	24.645	101.6	27.938	103.7
18.902	77.7	21.891	98.9	25.195	107.1	28.486	102.0
19.124	102.1	22.443	114.8	25.744	103.4	29.033	98.9
19.678	129.8	22.994	107.2	26.293	97.4	29.580	98.9
20.232	118.1	23.544	93,0	26.842	97.1	30.126	100.9
20.786	89.0	24.094	92.1	27.390	100.9	208.343	100.71

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	131.87	7	103.86
2	79.35		
3	114.78		
4	90.97		
5	107.14		
6	96.14		

Die Curve Eb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.7	21.891	105.8	25.744	104.2	29.580	95.2	33.396	106.0	37.195	98.2
18.902	81.2	22.443	126.2	26.293	89.0	30.126	106.1	33.940	101.6	37.736	99.9
19.124	108.9	22.994	108.4	26.842	92.1	30.672	108.8	34.484	96.9	38.277	102.9
19.678	138.4	23.544	83.3	27.390	105.6	31.217	100.9	35.027	98.6	38.817	103.2
20.232	113.3	24.094	85.4	27.938	111.8	31.762	95.0	35.570	103.7	208.343	101.11
20.786	82.0	24.645	106.6	28.486	102.5	32.307	97.4	36.112	104.1		
21.339	78.8	25.195	118.0	29.033	92.0	32.852	103.9	36.654	100.9		

Maxima und Minima der Curve Eb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	138.38	4	80.49	7	112.53	10	94.92	13	104.59
2	70.46	5	117.91	8	91.60	11	106.44	14	98.06
3	126.22	6	87.12	9	108.86	12	96.91	15	103.36

Die Curve Eb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.2	21.339	83.9	24.645	100.9	27.938	102.3
18.902	77.0	21.891	98.9	25.195	105.4	28.486	101.0
19.124	99.9	22.443	112.7	25.744	102.5	29.033	98.9
19.678	130.1	22.994	106.7	26.293	98.2	29.580	98.9
20.232	115.2	23.544	94.0	26.842	98.7	30.126	100.6
20.786	87.8	24.094	93.2	27.390	100.4	208.343	100.11

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	130.68	7	102.23
2	81.71	8	98.80
3	112.83		
4	91.97		
5	105.38		
6	96.91		

Die Curve Ec N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	62.6	21.339	85.5	24.645	102.0	27.938	102.9
18.902	82.0	21.891	102.0	25.195	105.9	28.486	101.3
19.124	106.7	22.443	113.3	25.744	102.5	29.033	99.9
19.678	133.9	22.994	105.8	26.293	98.4	29.580	100.0
20.232	110.2	23.544	94.2	26.842	98.8	208.343	100.98
20.786	87.2	24.094	94.8	27.390	101.6		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	133.82	7	102.90
2	80.82	8	99.92
3	113.49		
4	93.26		
5	105.88		
6	97.91		

Die Curve Ec N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.2	20.786	91.1	23.544	95.0	26.293	96.9
18.902	71.8	21.339	87.9	24.094	95.0	26.842	96.9
19.124	95.0	21.891	96.9	24.645	97.6	208.343	97.41
19.678	122.7	22.443	103.2	25.195	98.8		
20.232	107.9	22.994	99.5	25.744	97.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	122.75	6	96.94
2	85.17		
3	103.33		
4	94.45		
5	98.93		

Die Curve Ed N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	62.9	20.786	96.8	23.544	100.3	54.875	100.65
18.902	78.3	21.339	95.3	24.094	100.15	106.789	100.7
19.124	104.3	21.891	99.6	24.645	100.6	157.489	100.7
19.678	125.1	22.443	102.2	25.195	100.9	208.343	100.7
20.232	108.7	22.994	101.9	25.744	100.9		

Max. und Min.

№	q
1	125.23
2	94.25
3	102.30
4	100.15
5	99.94

Die Curve Ed N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.0	20.786	88.0	23.544	90.4	157.489	90.7
18.902	69.8	21.339	87.6	24.094	90.3	208.343	90.8
19.124	91.2	21.891	90.0	24.645	90.35		
19.678	107.3	22.443	91.0	54.875	90.4		
20.232	95.9	22.994	91.1	106.799	90.6		

Max. und Min.

№	q
1	107.24
2	87.19
3	91.10
4	90.31

Die Curve Ee N:o 1. Max. = 105.95.

t	q	t	q	t	q
18.564	61.0	21.339	100.9	33.396	98.0
18.902	78.3	21.891	100.1	54.875	98.0
19.124	101.5	22.443	99.3	106.799	98.0
19.678	105.4	23.544	98.7	157.489	97.95
20.232	103.2	24.645	98.4	208.343	97.9
20.786	101.9	27.938	98.1		

Die Curve Ee N:o 2. Max. = 63.20.

t	q	t	q	t	q
18.564	36.3	21.339	60.9	106.799	60.4
18.902	47.5	21.891	60.7	157.489	60.45
19.124	60.3	22.443	60.5	208.343	60.5
19.678	62.7	24.645	60.3		
20.232	61.7	33.396	60.2		
20.786	61.1	54.875	60.35		

IV.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.08875$ Henry.								
Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	7003.4	32.02	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.2
Aa № 2.	7003.4	65.02	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.2
Aa № 3.	7003.4	182.3	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.2
Aa № 4.	1003.7	300.9	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.5
Aa № 5.	7004.0	488.0	0.06	4 Acc.	510.9	—	5000	19°.8
Aa № 6.	7004.1	809.9	0.06	4 Acc.	510.9	—	3500	19°.9
Aa № 7.	7004.1	1937.9	0.06	2 Acc.	510.9	—	2000	19°.9
Aa № 8.	7004.1	3086.5	0.06	2 Acc.	510.9	—	1100	19°.9
Ab № 1.	3500.2	32.02	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.0
Ab № 2.	3500.3	65.02	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.2
Ab № 3.	3500.4	182.3	0.06	8 Acc.	510.8	—	5000	19°.4
Ab № 4.	3500.5	300.9	0.06	4 Acc.	510.8	—	5000	19°.6
Ab № 5.	3500.5	488.0	0.06	4 Acc.	510.9	—	2000	19°.7
Ab № 6.	3500.5	809.9	0.06	2 Acc.	510.9	—	5000	19°.7
Ab № 7.	3500.6	3086.4	0.06	2 Acc.	510.9	—	1100	19°.8
Ab № 8.	3500.7	6590.1	0.06	1 Acc.	510.9	—	2000	20°.0
Ac № 1.	875.4	32.02	0.06	8 Acc.	510.7	—	5000	18°.8
Ac № 2.	875.4	65.02	0.06	4 Acc.	510.7	—	5000	18°.8

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ac № 3.	875.4	182.3	0.06	4 Acc.	510.7	—	2000	18°.9
Ac № 4.	875.4	300.9	0.06	1 Acc.	510.8	—	2000	19°.0
Ac № 5.	875.4	488.0	0.06	1 Acc.	510.8	—	5000	19°.1
Ac № 6.	875.4	809.9	0.06	1 Acc.	510.8	—	3500	19°.1
Ac № 7.	875.4	3086.0	0.06	1 Acc.	510.8	201.94	1100	19°.1
Ac № 8.	875.4	9213.5	0.06	1 Acc.	510.7	201.13	1100	18°.8
Ad № 1.	288.92	1.59	0.06	8 Acc.	510.6	—	9500	17°.5
Ad № 2.	288.92	65.01	0.06	1 Acc.	510.6	—	9500	17°.5
Ad № 3.	288.92	182.3	0.06	1 Acc.	510.6	—	3500	17°.6
Ad № 4.	288.93	300.8	0.06	1 Acc.	510.6	—	2000	17°.8
Ad № 5.	288.93	487.9	0.06	1 Acc.	510.7	—	1100	17°.9
Ad № 6.	288.94	809.9	0.06	1 Acc.	510.7	—	1100	18°.0
Ad № 7.	288.95	3085.6	0.06	1 Acc.	510.7	101.21	480	18°.2
Ad № 8.	288.96	10087.6	0.06	1 Acc.	510.7	101.23	480	18°.4
Ae № 1.	49.85	1.59	0.06	4 Acc.	510.8	—	9500	19°.0
Ae № 2.	49.85	65.02	0.06	1 Acc.	510.8	201.70	1100	19°.0
Ae № 3.	49.85	182.3	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.0
Ae № 4.	49.86	300.9	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.2
Ae № 5.	49.86	488.0	0.06	1 Acc.	510.8	101.13	480	19°.4
Ae № 6.	49.86	809.9	0.06	1 Acc.	510.8	101.19	480	19°.5
Ae № 7.	49.86	1130.8	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.5
Ae № 8.	49.86	1614.3	0.06	1 Acc.	510.8	101.16	480	19°.6
Ae № 9.	49.86	3086.3	0.06	1 Acc.	510.8	101.21	480	19°.6
Ae № 10.	49.86	10089.4	0.06	1 Acc.	510.8	101.23	480	19°.6

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	12.5	21.339	17.6	24.645	21.4	27.938	21.4
18.902	17.0	21.891	21.3	25.195	22.4	28.486	21.2
19.124	21.4	22.443	24.0	25.744	21.6	29.033	20.7
19.678	27.2	22.994	22.7	26.293	20.1	208.343	20.95
20.232	23.2	23.544	19.2	26.842	20.2		
20.786	17.7	24.094	19.3	27.390	21.0		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	27.32	7	21.56
2	16.45		
3	24.04		
4	18.82		
5	22.51		
6	20.03		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	25.7	20.786	39.9	23.544	41.7	26.293	42.3
18.902	33.0	21.339	37.3	24.094	41.3	26.842	42.3
19.124	40.0	21.891	41.9	24.645	42.7	27.390	42.7
19.678	52.7	22.443	45.4	25.195	43.4	27.938	42.9
20.232	49.5	22.994	44.0	25.744	43.3	208.343	42.63

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	53.47	6	42.03
2	37.08	7	42.90
3	45.58		
4	41.09		
5	43.47		

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.7	20.232	128.9	22.443	118.2	24.645	118.3
18.902	73.3	20.786	121.8	22.994	119.1	208.343	119.07
19.124	93.6	21.339	117.2	23.544	119.1		
19.678	126.1	21.891	117.5	24.094	118.5		

Max. und Min.

№	q
1	131.13
2	117.06
3	119.27
4	118.15

Die Curve Aa N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.564	74.7	21.339	193.0	208.343	192.06
18.902	96.9	21.891	192.5	Max. und Min.	
19.124	128.0	22.443	191.5	№	q
19.678	172.5	22.994	191.7	1	195.10
20.232	193.0	23.544	192.4	2	191.54
20.786	194.6	24.094	192.3		

Die Curve Aa N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	39.8	21.339	120.8	24.648	123.55
18.902	51.8	21.891	122.3	27.938	123.55
19.124	67.9	22.443	123.1	54.875	123.65
19.678	95.2	22.994	123.3	106.799	123.7
20.232	110.6	23.544	123.4	157.489	123.75
20.786	117.3	24.094	123.5	208.343	123.75

Die Curve Aa N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.8	20.232	126.2	22.443	160.0	25.744	167.9	106.799	169.0
18.902	55.9	20.786	137.4	22.994	162.1	27.938	168.7	157.489	169.0
19.124	73.2	21.339	149.1	23.544	164.9	33.346	168.9	208.343	169.0
19.678	100.6	21.891	154.6	24.645	166.9	54.875	168.95		

Die Curve Aa N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	20.0	20.786	74.3	23.544	109.1	26.293	122.7	33.346	131.4	157.489	132.75
18.902	26.7	21.339	85.4	24.094	112.5	26.842	124.3	38.817	132.3	208.343	132.8
19.124	34.9	21.891	91.4	24.645	115.7	27.938	126.7	44.202	132.5		
19.678	49.3	22.443	99.3	25.195	118.3	29.033	128.3	54.875	132.6		
20.232	64.5	22.994	104.1	25.744	120.8	31.217	130.5	106.799	132.7		

Die Curve Aa N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	14.0	20.786	55.2	23.544	87.7	26.842	106.5	38.817	122.2	208.343	123.6
18.902	19.1	21.339	63.9	24.094	91.6	27.938	110.1	44.202	123.0		
19.124	25.9	21.891	70.2	24.645	95.4	29.033	113.0	54.875	123.5		
19.678	36.0	22.443	77.7	25.195	98.1	31.217	117.1	106.799	123.4		
20.232	47.4	22.994	82.7	25.744	101.6	33.346	119.4	157.489	123.5		

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	24.9	21.891	42.2	25.744	43.1	29.580	41.7
18.902	33.8	22.443	47.6	26.293	41.1	30.126	42.2
19.124	40.1	22.994	44.3	26.842	41.1	30.672	42.7
19.678	54.7	23.544	40.0	27.390	42.1	31.217	42.4
20.232	47.8	24.094	39.1	27.938	43.2	208.343	42.17
20.786	36.9	24.645	42.4	28.486	42.7		
21.339	35.1	25.195	44.5	29.033	42.0		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	55.21	8	41.70
2	33.94	9	42.70
3	47.59		
4	38.78		
5	44.40		
6	40.89		
7	43.20		

N:o 1.

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	47.9	21.339	75.2	24.645	84.6	27.938	85.2
18.902	62.6	21.891	83.7	25.195	86.2	28.486	85.2
19.124	79.9	22.443	89.9	25.744	85.8	208.343	85.03
19.678	104.4	22.994	88.2	26.293	84.7		
20.232	97.1	23.544	83.5	26.842	84.2		
20.786	82.3	24.094	82.6	27.390	84.6		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	105.89	7	85.40
2	74.94		
3	90.16		
4	82.54		
5	86.44		
6	84.14		

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	89.2	20.232	209.8	22.443	122.6	24.645	192.9
18.902	115.2	20.786	198.8	22.994	193.4	208.343	192.99
19.124	156.9	21.339	190.0	23.544	193.1		
19.678	201.0	21.891	190.3	24.094	192.9		

Max. und Min.

№	q
1	211.72
2	189.77
3	193.40
4	192.93

Die Curve Ab N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.564	60.1	21.339	155.0	208.343	154.01
18.902	82.5	21.891	154.1	Max. und Min.	
19.124	104.4	22.443	153.7	№	q
19.678	138.2	22.994	153.6	1	156.48
20.232	155.2	23.544	153.7	2	153.58
20.786	156.5	24.094	153.9		

Die Curve Ab N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	50.3	21.339	146.6	54.875	149.2
18.902	68.3	21.891	147.7	106.799	149.2
19.124	85.1	22.443	148.2	157.489	149.2
19.678	115.6	23.544	148.6	208.343	149.2
20.232	134.3	27.938	148.9		
20.786	142.3	33.346	149.0		

Die Curve Ab N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	48.6	20.232	138.9	22.443	171.7	25.744	178.3	106.799	179.0
18.902	65.5	20.786	151.2	22.994	174.1	27.938	178.7	157.489	179.0
19.124	82.2	21.339	162.1	23.544	175.8	33.346	178.9	208.343	179.0
19.678	113.4	21.891	167.1	24.645	177.7	54.875	179.0		

Die Curve Ab N:o 7.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	27.0	20.786	100.1	23.544	150.0	26.293	171.5	30.126	182.8	44.202	188.3
18.902	36.4	21.339	115.8	24.094	156.0	26.842	173.8	31.217	184.6	54.875	188.5
19.124	46.5	21.891	125.0	24.654	160.9	27.390	176.2	32.307	185.5	106.799	188.7
19.678	66.9	22.443	135.2	25.195	165.0	27.938	178.3	33.396	186.3	157.489	188.8
20.232	87.2	22.994	143.9	25.744	168.6	29.033	180.9	38.817	188.1	208.343	188.9

Die Curve Ab N:o 8.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	22.5	21.339	99.2	24.645	148.0	27.938	173.0	35.570	192.5	54.875	197.5
18.902	30.1	21.891	108.4	25.195	153.4	29.033	177.9	37.736	194.6	81.086	197.7
19.124	39.6	22.443	119.5	25.744	158.4	30.126	181.9	39.896	195.7	106.799	197.8
19.678	55.7	22.994	127.2	26.293	163.1	31.217	185.0	42.051	196.6	157.489	197.8
20.232	72.3	23.544	135.2	26.842	166.1	32.307	187.7	44.202	196.9	208.343	197.8
20.786	85.4	24.094	141.3	27.390	169.5	33.396	189.8	49.553	197.2		

Die Curve Ac N:o 1.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	79.8	20.786	129.5	23.544	135.2	26.293	137.8
18.902	103.2	21.339	124.3	24.094	135.5	26.842	137.8
19.124	137.2	21.891	138.2	24.645	138.6	27.390	138.3
19.678	174.2	22.443	147.2	25.195	140.3	27.938	138.8
20.232	152.5	22.994	143.0	25.744	139.2	208.343	138.43

Maxima und Minima.

№	*q*	№	*q*
1	174.15	6	137.41
2	121.19	7	138.93
3	147.21		
4	134.41		
5	130.40		

Die Curve Ac N:o 2.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	72.2	20.232	152.2	22.443	139.4	24.645	135.5
18.902	97.2	20.786	131.4	22.994	137.5	25.195	136.3
19.124	126.1	21.339	127.3	23.544	135.2	25.744	135.9
19.678	162.3	21.891	133.9	24.094	134.2	208.343	135.64

Maxima und Minima.

№	*q*	№	*q*
1	163.21	5	136.24
2	125.25		
3	139.23		
4	134.21		

Die Curve Ac N:o 3.

t	q	t	q
18.564	101.5	21.339	214.5
18.902	133.3	21.891	215.2
19.124	174.0	22.443	216.5
19.678	224.5	22.994	217.3
20.232	230.2	23.544	216.5
20.786	220.4	208.343	216.53

Max. und Min.

№	q
1	233.25
2	214.46
3	217.12

Die Curve Ac N:o 4.

t	q	t	q
18.564	66.1	21.339	160.1
18.902	92.5	21.891	159.8
19.124	115.4	22.443	159.9
19.678	152.8	22.994	160.1
20.232	162.3	23.544	159.9
20.786	161.8	208.343	160.08

Max. und Min.

№	q
1	162.66
2	159.78

Die Curve Ac N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	66.7	21.339	170.0	54.875	170.45
18.902	88.3	21.891	170.1	106.799	170.7
19.124	109.0	22.443	170.15	157.489	170.9
19.678	147.4	23.544	170.25	208.343	171.0
20.232	164.1	27.938	170.3		
20.786	167.9	33.396	170.3		

Die Curve Ac N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	64.6	21.339	191.6	33.396	196.1
18.902	88.7	21.891	192.9	54.875	196.3
19.124	115.5	22.443	194.5	106.799	196.4
19.678	151.2	23.544	195.3	157.489	196.4
20.232	176.0	24.645	195.6	208.343	196.4
20.786	184.7	27.938	195.9		

Die Curve Ac N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	41.4	20.232	118.0	22.443	148.9	27.938	156.7	106.799	156.95
18.902	55.3	20.786	129.8	23.544	152.8	33.396	156.8	157.489	157.0
19.124	69.2	21.339	139.2	24.645	154.9	44.202	156.85	208.343	157.0
19.678	98.2	21.891	144.9	25.744	155.9	54.875	156.9		

Die Curve Ac N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.8	20.232	128.0	22.443	167.6	24.645	178.5	30.126	182.5	106.799	183.2
18.902	57.1	20.786	142.9	22.994	172.3	25.744	180.7	33.396	182.8	157.489	183.3
19.124	74.8	21.339	156.0	23.544	175.5	26.842	181.7	44.202	182.85	208.343	183.4
19.678	104.1	21.891	162.8	24.094	177.4	27.938	182.4	54.875	182.9		

Die Curve Ad N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	15.3	20.232	24.9	22.443	23.3	24.645	23.0	157.489	22.9
18.902	19.7	20.786	22.0	22.994	23.1	27.938	22.95	208.343	22.9
19.124	25.2	21.339	22.1	23.544	22.9	54.875	22.95		
19.678	28.8	21.891	22.7	24.094	22.95	106.799	22.9		

Max. und Min.

№	q
1	28.80
2	21.67
3	23.37
4	22.94

Die Curve Ad N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	67.2	20.232	112.6	22.443	109.1	24.645	108.4	54.875	108.4
18.902	85.5	20.786	107.1	22.994	108.5	25.195	108.4	106.799	108.5
19.124	108.4	21.339	106.6	23.544	108.6	25.744	108.3	157.489	108.5
19.678	123.1	21.891	108.3	24.094	108.6	33.396	108.45	208.343	108.5

Max. und Min.

№	q
1	123.48
2	106.12
3	109.08
4	108.55

Die Curve Ad N:o 3.

t	q	t	q	t	q
18.564	86.7	21.339	161.8	157.489	162.1
18.902	113.9	21.891	162.0	208.343	162.1
19.124	139.2	22.443	162.0	Max. und Min.	
19.678	170.0	33.396	161.95		
20.232	165.9	54.875	162.15	1	170.05
20.786	162.6	106.799	162.1	2	161.69
				3	161.95

Die Curve Ad N:o 4.

t	q	t	q	t	q
18.564	82.3	21.339	158.3	106.799	158.4
18.902	106.4	21.891	158.3	157.489	158.55
19.124	133.2	22.443	158.35	208.343	158.55
19.678	158.9	22.994	158.3	Max. und Min.	
20.232	160.1	33.396	158.3		
20.786	158.5	54.875	158.45	1	160.54
				2	158.05

Die Curve Ad N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	56.3	20.786	127.5	54.875	127.7
18.902	71.2	21.339	127.6	106.799	127.8
19.124	101.9	21.891	127.5	157.489	127.9
19.678	122.7	22.443	127.6	208.343	127.95
20.232	127.0	27.938	127.65		

Die Curve Ad N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	62.3	20.786	148.5	106.799	149.3
18.902	86.5	21.339	148.9	157.489	149.4
19.124	108.1	22.443	149.05	208.343	149.45
19.678	138.9	27.938	149.1		
20.232	146.8	54.875	149.2		

Die Curve Ad N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	34.5	20.786	91.0	33.396	92.65
18.902	49.9	21.339	91.95	54.875	92.7
19.124	64.5	21.891	92.15	106.799	92.75
19.678	81.0	22.443	92.4	157.489	92.75
20.232	89.0	27.938	92.55	208.343	92.8

Die Curve Ad N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	38.5	20.786	98.9	54.875	101.1
18.902	52.0	21.339	100.3	106.799	101.1
19.124	68.8	21.891	100.7	157.489	101.15
19.678	87.9	22.443	100.9	208.343	101.15
20.232	96.0	27.938	101.05		

Die Curve Ae N:o 1. Max. = 74.40.

t	q	t	q	t	q
18.564	41.9	20.786	71.5	106.799	69.0
18.902	54.8	21.339	71.0	157.489	69.0
19.124	69.4	22.443	70.0	208.343	69.0
19.678	74.2	27.938	69.3		
20.232	72.5	54.875	69.0		

Die Curve Ae N:o 2. Max. = 120.31.

t	q	t	q	t	q
18.564	69.9	20.786	118.0	54.875	117.3
18.902	87.2	21.339	117.7	106.799	117.3
19.124	116.0	22.443	117.6	157.489	117.3
19.678	120.0	27.938	117.3	208.343	117.3
20.232	118.7	33.396	117.2		

Die Curve Ae N:o 3. Max. = 81.22.

t	q	t	q	t	q
18.564	45.6	20.232	80.7	54.875	80.4
18.902	61.9	20.786	80.6	106.799	80.5
19.124	77.6	21.339	80.5	157.489	80.55
19.678	81.0	27.938	80.4	208.343	80.6

Die Curve Ae N:o 4. Max. = 87.99.

t	q	t	q	t	q
18.564	48.9	20.232	87.5	54.875	87.4
18.902	67.0	20.786	87.4	106.799	87.4
19.124	82.1	21.339	87.4	157.489	87.3
19.678	87.7	27.938	87.4	208.343	87.3

Die Curve Ae N:o 5. Max. = 92.17.

t	q	t	q	t	q
18.564	51.7	20.786	92.0	54.875	92.0
18.902	71.4	21.339	92.2	106.799	92.05
19.124	88.9	21.891	92.1	157.489	92.1
19.678	92.2	22.443	92.0	208.343	92.15
20.232	91.9	27.938	92.0		

Die Curve Ae N:o 6. Max. = 95.45.

t	q	t	q	t	q
18.564	53.5	20.786	95.45	54.875	95.5
18.902	74.0	21.339	95.4	106.799	95.6
19.124	92.0	22.443	95.35	157.489	95.6
19.678	95.5	27.938	95.45	208.343	95.65
20.232	95.5	33.396	95.45		

Die Curve Ae N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	53.7	20.232	97.0	54.875	97.1
18.902	67.8	20.786	97.0	106.799	97.1
19.124	93.0	21.339	97.0	157.489	97.1
19.678	97.0	27.938	97.05	208.343	97.1

Die Curve Ae N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	56.6	20.232	98.0	54.875	98.0
18.902	72.2	21.339	98.0	106.799	98.0
19.124	94.0	22.443	98.0	157.489	98.0
19.678	97.9	33.396	98.0	208.343	98.0

Die Curve Ae N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	54.8	20.232	99.7	54.875	99.7
18.902	74.0	21.339	99.7	106.799	99.75
19.124	95.6	22.443	99.7	157.489	99.8
19.678	99.7	33.396	99.7	208.343	99.85

Die Curve Ae N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	57.9	20.232	100.8	54.875	100.9
18.902	77.0	21.339	100.85	106.799	100.9
19.124	95.4	22.443	100.9	157.489	100.9
19.678	100.8	33.396	100.9	208.343	100.9

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ba № 1.	7004.4	33.56	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	19°.9
Ba № 2.	7004.4	65.56	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	19°.9
Bb № 1.	3500.1	33.56	0.06	8 Acc.	510.7	—	9500	18°.3
Bb № 2.	3500.3	65.56	0.06	8 Acc.	510.7	—	9500	18°.8
Bc № 1.	875.4	33.56	0.06	8 Acc.	510.8	—	2000	19°.1
Bc № 2.	875.4	65.56	0.06	8 Acc.	510.8	—	1100	19°.1
Bd № 1.	289.02	2.06	0.06	8 Acc.	510.8	—	9500	19°.2
Bd № 2.	289.02	33.56	0.06	8 Acc.	510.8	—	480	19°.2
Be № 1.	49.83	2.06	0.06	4 Acc.	510.8	—	9500	19°.3
Be № 2.	49.83	33.56	0.06	1 Acc.	510.8	201.51	1100	19°.3

Die Curve Ba N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	13.1	22.773	17.3	27.390	22.9	31.980	23.2	36.546	22.0
18.902	16.1	23.544	25.2	28.157	24.7	32.743	22.5	37.303	21.0
19.679	29.3	24.315	27.3	28.923	22.5	33.505	21.0	38.060	20.6
20.453	30.5	25.085	22.7	29.689	19.6	34.266	19.9	38.817	20.9
21.228	20.8	25.854	17.3	30.453	19.2	35.027	19.9	208.343	21.23
22.001	13.7	26.622	18.1	31.217	20.0	35.787	22.1		

Maxima und Minima der Curve Ba N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	31.73	3	27.42	5	24.74	7	23.24	9	22.23
2	13.41	4	16.82	6	18.82	8	19.76	10	20.60

Die Curve Ba N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	22.9	22.773	35.7	27.390	44.4	31.980	44.1
18.902	30.2	23.544	46.9	28.157	45.9	32.743	43.4
19.679	54.9	24.315	50.0	28.923	44.0	33.505	42.6
20.453	59.2	25.085	44.3	29.689	42.1	34.266	42.2
21.228	43.0	25.854	39.1	30.453	41.3	208.343	43.00
22.001	32.3	26.622	39.2	31.217	42.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	61.19	7	44.14
2	31.66	8	42.10
3	50.13		
4	38.41		
5	45.88		
6	41.23		

Die Curve Bb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	24.0	22.773	35.4	27.390	44.1	31.980	45.1
18.902	33.2	23.544	49.3	28.157	47.8	32.743	44.1
19.679	57.8	24.315	52.4	28.923	44.5	33.505	42.1
20.453	60.4	25.085	44.1	29.689	40.6	34.266	41.6
21.228	42.4	25.854	35.7	30.453	40.2	35.027	42.7
22.001	29.0	26.622	37.8	31.217	43.1	208.343	42.87

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	63.16	7	45.08
2	28.46	8	41.09
3	52.77		
4	35.68		
5	47.75		
6	39.12		

Die Curve Bb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	47.6	22.773	73.5	27.390	86.3	31.980	87.0
18.902	62.6	23.544	91.2	28.157	89.5	32.743	86.8
19.679	109.3	24.315	97.2	28.923	87.8	33.505	85.3
20.453	116.4	25.085	88.5	29.689	84.0	34.266	84.9
21.228	89.2	25.854	79.4	30.453	83.5	35.027	85.1
22.001	66.4	26.622	79.7	31.217	85.5	208.343	85.50

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	119.77	7	87.13
2	65.63	8	84.57
3	97.22		
4	78.34		
5	89.59		
6	83.20		

Die Curve Bc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.9	22.001	74.6	25.854	87.2	29.689	89.6
18.902	68.6	22.773	83.0	26.622	87.8	30.453	89.5
19.679	118.5	23.544	93.7	27.390	90.3	31.217	90.3
20.453	118.1	24.315	97.3	28.157	91.5	208.343	90.32
21.228	91.4	25.085	91.3	28.923	90.8		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	124.37	6	89.45
2	74.50		
3	97.32		
4	87.04		
5	91.52		

Die Curve Bc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.1	22.001	101.9	25.854	113.4	29.689	115.2
18.902	85.2	22.773	108.8	26.622	113.8	30.453	115.2
19.679	143.3	23.544	119.0	27.390	115.4	31.217	115.3
20.453	144.9	24.315	120.8	28.157	116.2	208.343	115.51
21.228	119.0	25.085	116.7	28.923	116.0		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	151.83	6	115.14
2	101.41		
3	121.01		
4	113.05		
5	116.24		

Die Curve Bd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	48.3	21.228	88.0	24.315	85.2	208.343	85.00
18.902	66.2	22.001	83.0	25.085	85.2		
19.679	103.1	22.773	83.3	25.854	85.2		
20.453	98.9	23.544	84.8	26.622	85.1		

Max. und Min.

№	q
1	109.91
2	82.98
3	85.37

N:o 1.

Die Curve Be N:o 1. Max. = 100.81.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.1	20.453	98.9	22.773	96.3	25.085	94.7	54.875	93.0	208.343	92.9
18.902	76.9	21.228	98.1	23.544	95.7	27.938	94.0	106.799	92.95		
19.679	100.3	22.001	97.1	24.315	95.2	33.396	93.2	157.489	92.9		

Die Curve Be N:o 2. Max. = 87.17.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	48.0	20.453	86.2	22.773	84.2	33.396	83.3	157.489	83.25
18.902	65.2	21.228	85.4	23.544	84.0	54.875	83.3	208.343	83.2
19.679	87.2	22.001	84.9	27.938	83.4	106.799	83.3		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

Abth. C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ca № 1.	7004.5	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.1
Ca № 2.	7004.5	66.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.1
Cb № 1.	3501.8	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	19°.9
Cb № 2.	3501.8	66.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	5000	20°.1
Cc № 1.	875.5	33.95	0.06	4 Acc.	510.9	—	9500	19°.7
Cc № 2.	875.5	66.95	0.06	4 Acc.	510.9	—	3500	19°.8
Cd № 1.	288.98	3.51	0.06	8 Acc.	510.7	—	9500	18°.7
Cd № 2.	288.99	33.95	0.06	2 Acc.	510.7	—	5000	18°.9
Ce № 1.	49.86	3.51	0.06	4 Acc.	510.9	—	5000	19°.7
Ce № 2.	49.86	33.95	0.06	1 Acc.	510.9	—	2000	19°.8

Die Curve Ca N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	11.8	22.883	18.8	29.470	23.3	36.004	25.9	42.481	25.2	48.913	23.9
18.902	16.9	24.205	7.4	30.781	14.0	37.303	19.0	43.772	21.2	50.193	22.3
19.567	30.1	25.524	13.8	32.089	14.4	38.601	16.6	45.060	18.5	51.473	20.2
20.232	39.9	26.842	29.9	33.396	23.3	39.896	21.0	46.346	20.0	52.750	20.4
21.560	37.8	28.157	33.2	34.701	29.0	41.189	25.3	47.631	23.2	208.343	22.21

Maxima und Minima der Curve Ca N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	41.47	3	33.87	5	29.33	7	26.42	9	24.41
2	7.00	4	13.00	6	16.45	8	18.83	10	20.03

Die Curve Ca N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	23.7	22.883	40.6	29.470	47.6	36.004	48.8	42.481	47.3	48.913	45.6
18.902	31.1	24.205	20.3	30.781	33.8	37.303	40.2	43.772	43.4	50.193	44.4
19.567	54.6	25.524	30.1	32.089	34.4	38.601	38.1	45.060	41.1	51.473	42.6
20.232	73.2	26.842	54.3	33.396	45.4	39.896	42.3	46.346	42.2	52.750	43.2
21.560	71.3	28.157	60.2	34.701	52.0	41.189	47.1	47.631	44.5	208.343	44.03

Maxima und Minima der Curve Ca N:o 2

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	78.17	3	61.06	5	52.84	7	48.29	9	46.14
2	20.00	4	32.10	6	38.08	8	41.06	10	42.57

Die Curve Cb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	24.6	22.883	38.6	29.470	47.3	36.004	48.7	42.481	47.3	48.913	46.3
18.902	35.0	24.205	19.6	30.781	34.4	37.303	41.1	43.772	43.4	50.193	44.8
19.567	58.2	25.524	30.7	32.089	35.3	38.601	39.1	45.060	42.1	51.473	43.4
20.232	76.9	26.842	55.4	33.396	46.5	39.896	43.4	46.346	43.2	52.750	43.6
21.560	72.5	28.157	61.3	34.701	52.2	41.189	47.8	47.631	45.4	208.343	44.82

Maxima und Minima der Curve Cb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	80.60	3	62.06	5	53.14	7	48.62	9	46.74
2	19.58	4	33.27	6	39.16	8	42.07	10	43.33

Die Curve Cb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	42.1	22.883	67.2	29.470	76.0	36.004	76.6	42.481	74.9	48.913	74.0
18.902	52.1	24.205	40.1	30.781	62.0	37.303	70.0	43.772	72.7	50.193	73.3
19.567	89.1	25.524	55.1	32.089	62.3	38.601	67.8	45.060	70.9	51.473	72.4
20.232	118.1	26.842	84.6	33.396	73.9	39.896	71.4	46.346	71.3	52.750	72.3
21.560	114.6	28.157	92.0	34.701	80.2	41.189	75.0	47.631	73.2	208.343	72.87

Maxima und Minima der Curve Cb N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	125.42	3	93.05	5	80.42	7	75.81	9	74.00
2	40.08	4	60.06	6	67.75	8	70.83	10	71.90

Die Curve Cc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	49.9	22.883	86.5	29.470	90.2	36.004	88.4
18.902	66.4	24.205	71.4	30.781	86.9	37.303	88.2
19.567	112.8	25.524	79.2	32.089	86.9	38.601	87.8
20.232	136.9	26.842	90.3	33.396	87.7	39.896	87.5
21.560	123.2	28.157	93.1	34.701	88.3	208.343	88.23

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	139.98	6	87.33
2	71.37		
3	92.93		
4	86.16		
5	88.43		

Die Curve Cc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	66.0	22.883	119.2	29.470	120.9	36.004	119.5
18.902	86.9	24.205	101.6	30.781	117.9	37.303	119.3
19.567	145.2	25.524	110.0	32.089	117.9	208.343	119.19
20.232	176.2	26.842	121.6	33.396	118.7		
21.560	161.0	28.157	123.7	34.701	119.5		

Max. und Min.

№	q
1	180.52
2	101.62
3	124.41
4	117.68
5	119.63

Die Curve Cd N:o 1. Max. = 73.14.

t	q	t	q	t	q
18.564	32.1	22.883	58.0	54.875	52.1
18.902	42.9	24.205	54.2	106.799	52.1
19.567	67.2	25.524	53.0	157.489	52.1
20.232	73.2	26.842	52.3	208.343	52.1
21.560	65.6	33.396	52.15		

Die Curve Cd N:o 2. Max. = 137.24.

t	q	t	q	t	q
18.564	58.4	22.883	112.3	54.875	103.6
18.902	79.1	24.205	106.6	106.799	103.7
19.567	126.4	25.524	104.3	157.489	103.7
20.232	137.2	26.842	104.1	208.343	103.8
21.560	124.6	33.396	103.7		

Die Curve Ce N:o 1. Max. = 135.44.

t	q	t	q	t	q
18.564	79.2	24.205	132.2	44.202	126.4
18.902	101.2	25.524	131.3	54.875	125.5
19.567	135.4	26.842	130.3	81.086	125.2
20.232	135.0	30.126	129.2	106.799	125.0
21.560	134.0	33.396	128.2	157.489	125.0
22.883	133.2	38.817	127.2	208.343	125.1

Die Curve Ce N:o 2. Max. = 134.73.

t	q	t	q	t	q
18.564	73.1	24.205	131.8	54.875	128.35
18.902	98.3	25.524	131.2	106.799	128.2
19.567	134.6	26.842	130.5	157.489	128.2
20.232	134.1	30.126	129.8	208.343	128.2
21.560	133.2	33.396	129.2		
22.883	132.2	44.202	128.5		

N:o 1.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Ladungscurven).

Abth. D. $C = 1.0119$ Mikrof. $L = 0.5933$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Ladung CE in Sc. Th.	W_a in Ohm.	Mittl. ϑ.
Da № 1.	7004.5	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.1
Da № 2.	7004.5	66.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.2
Db № 1.	3502.0	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.3
Db № 2.	3502.0	66.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.4
Dc № 1.	875.6	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	20°.5
Dc № 2.	875.5	66.95	0.06	4 Acc.	510.8	—	5000	19°.3
Dd № 1.	289.03	3.51	0.06	8 Acc.	510.9	—	9500	19°.7
Dd № 2.	289.04	33.95	0.06	8 Acc.	510.9	—	1100	19°.9
De № 1.	49.83	3.51	0.06	4 Acc.	511.0	—	9500	20°.7
De № 2.	49.83	33.95	0.06	1 Acc.	510.0	—	5000	20°.8

Die Curve Da N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	3.0	22.883	0.9	28.814	9.3	34.701	12.7	40.543	12.0	46.346	10.6
18.902	5.7	23.873	9.5	29.798	14.6	35.678	12.7	41.513	10.5	47.310	10.2
19.457	17.2	24.865	18.0	30.781	14.0	36.654	10.2	42.481	9.7	48.272	10.7
19.900	23.1	25.854	16.6	31.762	9.4	37.628	8.8	43.450	10.2	208.343	10.71
20.896	21.2	26.842	8.8	32.743	7.6	38.601	9.9	44.417	11.0		
21.891	7.1	27.828	5.1	33.723	9.9	39.572	11.9	45.382	11.3		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	24.34	3	18.92	5	15.25	7	13.21	9	12.38	11	11.61
2	0.57	4	5.00	6	7.80	8	9.00	10	9.74	12	10.21

Die Curve Da N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	6.2	22.883	5.0	28.814	18.6	34.701	23.8	40.543	23.0	46.346	21.4
18.902	11.9	23.873	18.6	29.798	26.5	35.678	23.9	41.513	21.5	208.343	21.46
19.457	31.3	24.865	32.2	30.781	26.4	36.654	21.2	42.481	20.8		
19.900	42.1	25.854	31.1	31.762	20.8	37.628	19.4	43.450	21.0		
20.896	40.3	26.842	18.4	32.743	17.8	38.601	20.5	44.417	22.0		
21.891	17.0	27.828	13.4	33.723	20.4	39.572	22.6	45.382	22.1		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	46.21	3	33.87	5	27.88	7	24.91	9	23.31	11	22.47
2	5.00	4	13.45	6	17.80	8	20.03	10	20.86		

Die Curve Db N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	6.8	22.883	6.7	28.814	20.1	34.701	23.5
18.902	14.0	23.873	19.0	29.798	25.4	35.678	23.3
19.457	34.9	24.865	30.7	30.781	25.0	36.654	22.0
19.900	44.1	25.854	29.4	31.762	21.3	37.628	21.0
20.896	41.2	26.842	20.2	32.743	19.7	38.601	21.8
21.891	18.4	27.828	16.1	33.723	21.5	208.343	22.05

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	47.15	7	23.87
2	6.47	8	21.07
3	32.34		
4	15.85		
5	26.05		
6	19.60		

Die Curve Db N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	12.2	22.883	17.8	28.814	40.4	34.701	45.0
18.902	24.0	23.873	38.0	29.798	47.1	35.678	45.0
19.457	63.6	24.865	58.0	30.781	47.5	36.654	43.2
19.900	82.0	25.854	54.7	31.762	43.0	37.628	42.2
20.896	78.2	26.842	41.1	32.743	40.4	38.601	42.7
21.891	36.3	27.828	34.7	33.723	43.3	208.343	43.33

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	87.16	7	45.11
2	17.42	8	42.20
3	58.42		
4	34.47		
5	48.59		
6	40.26		

N:o 1.

Die Curve Dc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	27.7	20.896	130.1	24.865	88.5	28.814	87.0
18.902	50.1	21.891	89.1	25.854	89.3	29.798	87.2
19.457	125.0	22.883	74.7	26.842	87.7	30.781	87.2
19.900	150.2	23.873	81.9	27.828	86.8	208.343	87.16

Max. und Min.

№	q
1	152.10
2	74.60
3	89.53
4	86.65

Die Curve Dc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	23.5	20.896	97.7	24.865	69.9	28.814	69.0
18.902	42.0	21.891	70.7	25.854	70.4	208.343	69.16
19.457	95.2	22.883	61.2	26.842	69.3		
19.900	111.3	23.873	66.1	27.828	68.9		

Max. und Min.

№	q
1	114.48
2	61.13
3	70.56
4	68.88

Die Curve Dd N:o 1. Max. = 37.31.

t	q	t	q	t	q
18.564	9.2	22.883	28.3	54.875	25.8
18.902	17.0	23.873	27.2	106.799	25.8
19.457	35.5	24.865	26.5	157.489	25.8
19.900	37.3	25.854	26.2	208.343	25.8
20.896	33.4	26.842	26.0		
21.891	30.3	33.396	25.8		

Die Curve Dd N:o 2. Max. = 119.24.

t	q	t	q	t	q
18.564	30.2	22.883	93.5	54.875	87.9
18.902	52.2	23.873	91.2	106.799	87.8
19.457	115.0	24.865	89.4	157.489	87.75
19.900	119.3	25.854	88.7	208.343	87.7
20.896	108.2	26.842	88.4		
21.891	98.2	33.396	88.1		

Die Curve De N:o 1. Max. = 81.84.

t	q	t	q	t	q
18.564	27.8	22.883	80.0	54.875	75.6
18.902	49.2	23.873	79.4	106.799	75.2
19.457	81.9	24.865	79.1	157.489	75.2
19.900	81.5	25.854	78.8	208.343	75.2
20.896	81.2	26.842	78.6		
21.891	80.4	33.396	77.2		

Die Curve De N:o 2. Max. = 104.97.

t	q	t	q	t	q
18.564	38.2	22.883	103.1	157.489	99.7
18.902	63.1	24.865	102.2	208.343	99.9
19.457	104.9	26.842	101.6		
19.900	104.5	33.396	100.6		
20.896	104.0	54.875	100.1		
21.891	103.4	106.799	99.6		

X.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $L = 0.5933$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. $W = W_1 + W_2$.							
Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
A № 1.	3.57	sehr klein.	1 Acc.	511.1	76.33	2000	21°.5
A № 2.	33.98	„	1 Acc.	510.9	76.37	2000	19°.9
A № 3.	67.00	„	1 Acc.	510.9	76.34	2000	19°.8
A № 4.	184.29	„	1 Acc.	510.9	76.34	2000	20°.0
A № 5.	302.85	„	1 Acc.	510.9	76.36	2000	20°.0
A № 6.	489.93	„	1 Acc.	510.9	76.37	2000	20°.1
A № 7.	811.9	„	1 Acc.	510.9	76.39	2000	20°.2
A № 8.	1132.8	„	1 Acc.	510.9	76.43	2000	20°.1
A № 9.	1454.8	„	1 Acc.	510 9	76.45	2000	20°.2
A № 10.	1778.1	„	1 Acc.	510.9	76.47	2000	20°.5
A № 11.	1940.1	„	1 Acc.	511.0	76.47	2000	20°.7
A № 12.	2104.3	„	1 Acc.	511.0	76.46	2000	20°.8
A № 13.	3088.9	„	1 Acc.	511.0	76.46	2000	20°.8
A № 14.	6592.9	„	1 Acc.	511.0	76.45	2000	20°.8
A № 15.	10093.7	„	1 Acc.	511.0	76.49	2000	20°.8

Die Curve A N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	18.2	33.396	148.0	48.272	99.3	62.907	46.1	77.347	68.7	91.624	83.3
18.902	50.5	34.049	159.1	48.913	39.2	63.538	59.5	77.971	89.3	92.242	86.3
19.567	215.5	34.701	69.2	49.553	30.1	64.170	88.3	78.594	92.4	92.860	78.7
20.232	92.5	35.353	— 2.7	50.193	72.3	64.801	104.5	79.217	78.2	93.478	69.3
20.896	15.4	36.004	15.7	50.833	120.7	65.432	85.1	79.840	64.3	94.095	67.3
21.560	— 66.2	36.654	118.0	51.473	113.5	66.062	58.2	80.463	62.6	94.712	76.2
22.222	12.3	37.303	156.8	52.112	61.4	66.692	52.0	81.086	78.5	95.329	84.3
22.883	171.6	37.952	97.6	52.750	31.1	67.321	73.3	81.708	90.3	95.946	83.0
23.544	199.6	38.601	23.2	53.388	55.0	67.950	98.3	82.329	84.3	96.560	73.0
24.205	83.1	39.249	6.0	54.025	107.3	68.579	93.6	82.951	69.5	95.175	68.3
24.865	— 45.2	39.896	84.0	54.663	116.3	69.207	68.4	83.572	62.4	97.791	70.7
25.524	— 25.9	40.543	140.4	55.299	82.4	69.835	53.0	84.193	72.5	98.406	79.1
26.184	126.4	41.189	125.4	55.936	39.2	70.463	66.6	84.819	84.3	99.021	83.8
26.842	194.9	41.836	59.3	56.571	46.7	71.090	88.5	85.435	87.5	99.636	79.4
27.500	112.7	42.481	10.2	57.207	91.4	71.717	97.3	86.055	79.0	100.250	72.8
28.157	— 11.0	43.127	46.0	57.841	113.3	72.343	82.3	86.675	65.5	100.865	69.2
28.814	— 23.5	43.772	114.5	58.476	98.3	72.970	58.7	87.295	67.9	101.479	74.3
29.470	79.2	44.417	132.4	59.110	53.6	73.595	57.4	87.914	77.5	102.094	81.4
30.126	178.9	45.060	86.7	59.744	42.0	74.221	78.3	88.533	87.5	102.708	82.3
30.781	149.2	45.703	23.7	60.377	64.3	74.847	95.2	89.152	84.6		
31.435	16.2	46.346	35.1	61.010	100.3	75.473	89.8	89.770	72.5		
32.089	— 21.2	46.989	94.3	61.643	103.6	76.098	68.2	90.388	65.7		
32.743	41.0	47.631	130.6	62.275	74.2	76.723	58.4	91.014	72.0		

Maxima und Minima der Curve A N:o 1.

N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q
1	231.08	10	— 9.68	19	124.44	28	49.49	37	91.45	46	68.18
2	— 68.31	11	157.11	20	31.55	29	101.32	38	62.37	47	83.98
3	211.57	12	1.00	21	118.49	30	53.06	39	89.32	48	69.21
4	— 50.96	13	147.17	22	36.98	31	98.35	40	64.14	49	83.31
5	194.10	14	10.51	23	113.47	32	55.84	41	88.12		
6	— 34.69	15	138.21	24	41.50	33	95.19	42	65.78		
7	180.02	16	18.17	25	108.61	34	58.35	43	86.51		
8	— 21.49	17	131.24	26	46.00	35	93.32	44	66.98		
9	168.25	18	25.38	27	105.22	36	60.69	45	85.31		

Die Curve A N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	20.2	28.157	14.3	37.952	89.6	47.631	100.3	57.207	80.1	66.692	70.3
18.902	57.2	28.814	− 1.0	38.601	50.5	48.272	87.9	57.841	88.4	67.321	75.2
19.567	202.8	29.470	71.3	39.249	37.1	48.913	62.4	58.476	83.2	67.950	82.0
20.232	178.8	30.126	145.5	39.896	77.5	49.553	56.2	59.110	72.0	68.579	81.1
20.896	47.4	30.781	127.1	40.543	109.9	50.193	72.3	59.744	65.6	69.207	74.4
21.560	− 50.2	31.435	45.4	41.189	101.4	50.833	93.5	60.377	73.4	69.835	71.0
22.222	25.3	32.089	12.0	41.836	69.3	51.473	91.3	61.010	83.3	70.463	72.9
22.883	142.3	32.743	54.1	42.481	43.2	52.112	70.7	61.643	85.3	71.090	79.4
23.544	178.8	33.396	120.2	43.127	61.3	52.750	59.5	62.275	76.3	71.717	81.3
24.205	89.4	34.049	127.4	43.772	95.3	53.388	69.1	62.907	68.0	72.343	78.3
24.865	− 22.1	34.701	74.1	44.417	103.1	54.025	86.3	63.538	70.8	72.970	72.5
25.524	− 1.0	35.353	30.4	45.060	81.3	54.663	91.1	64.170	80.3	73.595	72.3
26.184	108.5	36.004	39.0	45.703	54.0	55.299	79.3	64.801	84.1	74.221	76.1
26.842	166.8	36.654	95.7	46.346	56.6	55.936	64.1	65.432	79.4	74.847	79.6
27.500	113.1	37.303	123.1	46.989	82.5	56.571	65.1	66.062	72.0		

Maxima und Minima der Curve A N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	218.16	7	149.03	13	113.50	19	95.32	25	86.41	31	81.38
2	− 50.49	8	11.25	14	43.28	20	59.39	26	67.71	32	72.02
3	189.83	9	134.38	15	106.38	21	91.52	27	84.28	33	80.31
4	− 25.21	10	24.34	16	49.95	22	62.90	28	69.46		
5	167.07	11	122.64	17	100.32	23	88.45	29	82.61		
6	− 4.97	12	34.87	18	55.04	24	65.48	30	70.99		

Die Curve A N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	16.3	21.560	− 34.1	24.865	0.8	28.157	35.5	31.435	57.5	34.701	78.5
18.902	51.0	22.222	25.8	25.524	14.9	28.814	21.6	32.089	34.2	35.353	49.9
19.567	196.5	22.883	138.2	26.184	102.3	29.470	69.8	32.743	57.0	36.004	52.3
20.232	170.3	23.544	164.1	26.842	144.2	30.126	122.3	33.396	103.5	36.654	87.2
20.896	41.4	24.205	85.5	27.500	95.8	30.781	113.3	34.049	109.3	37.303	102.0

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
37.952	88.3	41.836	72 9	45.703	67.3	49.553	68 2	53.388	72.9	57.207	77.0
38.601	63.3	42.481	60.5	46.346	66.6	50.193	74.3	54.025	79.0	57.841	79.4
39.249	55.0	43.127	67.6	46.989	76.3	50.833	82.3	54.663	81.4	58.476	79.2
39.896	73.4	43.772	83 5	47.631	86.3	51.473	82.7	55.299	78.3	59.110	75.3
40.543	92.5	44.417	89.3	48.272	83.0	52.112	77.1	55.936	72.9		
41.189	90.4	45.060	81.0	48.913	72.3	52.750	70.6	56.571	72.3		

Maxima und Minima der Curve A N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	206.84	5	144.85	9	112.33	13	95.32	17	86.31	21	81.54
2	— 43.54	6	18.47	10	46.20	14	60.43	18	68.18	22	72.19
3	170.98	7	126.03	11	102.39	15	90.32	19	83.58	23	80.18
4	— 3.90	8	34.24	12	54.44	16	64.97	20	70.29		

Die Curve A N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	12.2	22.222	38.1	26.184	82.0	30.126	87.1	34.049	83.1	37.952	78.3
18.902	35.2	22.883	101 4	26.842	100.9	30.781	86.5	34.701	77.6	38.601	75.5
19.567	161.4	23.544	123.9	27.500	88.3	31.435	74.3	35.353	72.8	39.249	74.1
20.232	159.1	24.205	88.6	28.157	64.6	32.089	67.7	36.004	72.3	39.896	75.3
20.896	70.1	24.865	43.5	28.814	59.3	32.743	71.3	36.654	77.0		
21.560	6.9	25.524	46.2	29.470	72.9	33.396	79.6	37.303	79.3		

Maxima und Minima der Curve A N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	174.05	3	126.43	5	101.32	7	89.05	9	82.61	11	79.54
2	6.73	4	41.17	6	58.48	8	67.28	10	71.66	12	74.10

Die Curve A N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	13.8	21.560	31.8	24.865	62.5	28.157	70.5	31.435	76.3	34.701	76.6
18.902	42.1	22.222	49.2	25.524	62.1	28.814	70.7	32.089	74.5	35.353	75.9
19.567	139.5	22.883	88.2	26.184	75.2	29.470	73.5	32.743	74.6	36.004	75.5
20.232	139.2	23.544	102.3	26.842	84.6	30.126	78.3	33.396	76.4	36.654	76.0
20.896	75.0	24.205	84.5	27.500	82.0	30.781	79.3	34.049	77.4		

Maxima und Minima der Curve A N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	151.31	3	102.55	5	85.61	7	79.61	9	77.47
2	31.81	4	60.49	6	70.72	8	74.30	10	75.47

Die Curve A N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	11.3	21.560	55.2	24.865	73.2	28.157	76.4
18.902	29.0	22.222	58.1	25.524	71.5	28.814	75.3
19.567	114.3	22.883	77.0	26.184	74.3	29.470	75.3
20.232	123.0	23.544	87.0	26.842	77.6	30.126	76.2
20.896	86.9	24.205	83.3	27.500	78.2		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	128.26	6	75.30
2	52.79		
3	87.04		
4	71.46		
5	78.38		

Die Curve A N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	8.4	20.896	89.3	23.544	77.2	26.184	75.5
18.902	22.3	21.560	72.9	24.205	78.0	26.842	75.8
19.567	80.7	22.222	69.1	24.865	76.6		
20.232	103.1	22.883	72.6	25.524	75.8		

Max. und Min.

№	q
1	103.39
2	69.29
3	78.10
4	75.53

N:o 1.

Die Curve A N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	5.8	20.232	88.4	22.222	74.4	24.205	76.3	26.184	76.2
18.902	16.1	20.896	85.5	22.883	74.5	24.865	76.3		
19.567	68.5	21.560	78.0	23.544	75.5	25.524	76.2		

Max. und Min.

№	q
1	89.32
2	74.43
3	76.40

Die Curve A N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	3.2	21.560	79.2	24.865	76.2
18.902	8.6	22.222	77.0	Max. und Min.	
19.567	52.2	22.883	75.8	№	q
20.232	76.4	23.544	75.8	1	81.31
20.896	81.2	24.205	76.1	2	75.77

Die Curve A N:o 10.

t	q	t	q	Max. und Min.	
18.564	2.7	21.560	77.0	№	q
18.902	7.2	22.222	76.5		
19.567	46.1	22.883	76.3		
20.232	68.5	23.544	76.2	1	77.07
20.896	75.5	24.205	76.2		

Die Curve A N:o 11.

t	q	t	q	t	q
18.564	2.5	22.222	75.5	27.938	76.15
18.902	7.7	22.883	75.9	33.396	76.15
19.567	40.2	23.544	76.15	54.875	76.25
20.232	62.7	24.205	76.2	106.799	76.3
20.896	70.5	24.865	76.2	157.489	76.3
21.560	74.4	25.524	76.25	208.343	76.3

Die Curve A N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.564	2.2	22.222	75.4	54.875	76.25
18.902	5.7	22.883	76.0	106.799	76.3
19.567	39.7	23.544	76.1	157.489	76.3
20.232	62.4	25.744	76.2	208.343	76.3
20.896	70.3	27.938	76.1		
21.560	74.3	33.396	76.2		

Die Curve A N:o 13.

t	q	t	q	t	q
18.564	1.9	20.232	48.2	22.222	69.1
18.902	5.3	20.896	57.7	22.883	72.2
19.567	29.1	21.560	65.3	23.544	73.5

Die Curve A N:o 14.

t	q	t	q	t	q
18.564	1.0	20.232	26.3	22.222	48.3
18.902	2.8	20.896	35.0	22.883	54.1
19.567	15.5	21.560	43.2	23.544	58.0

t	q	t	q	t	q
24.205	74.3	31.217	76.1	208.343	76.3
24.865	75.1	33.396	76.15		
25.524	75.4	44.202	76.2		
26.184	75.6	54.875	76.2		
26.842	75.8	106.799	76.25		
29.033	76.0	157.489	76.3		

t	q	t	q	t	q
24.205	61.3	29.033	72.7	54.875	76.15
24.865	64.3	30.126	73.5	106.799	76.25
25.524	66.1	31.217	74.3	157.489	76.3
26.184	67.9	33.396	75.2	208.343	76.3
26.842	69.4	38.817	75.9		
27.938	71.3	44.202	76.05		

Die Curve A N:o 15.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	0.7	21.560	31.9	25.744	56.3	34.484	72.4	54.875	76.1
18.902	1.7	22.222	36.3	26.842	60.4	36.654	73.7	81.086	76.2
19.567	10.7	22.883	41.6	27.938	63.3	38.817	74.5	106.799	76.25
20.232	18.9	23.544	46.1	30.126	67.7	44.202	75.5	157.489	76.25
20.896	25.3	24.645	51.5	32.307	70.6	49.553	75.9	208.343	76.3

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

$L = 0.5933$ Henry. $C = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 0.5063$ Mikrof. $W = W_1 + W_2$.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	3.55	sehr klein.	1 Acc.	510.8	68.23	3500	19°.8
B № 2.	33.97	„	1 Acc.	510.8	68.15	3500	19°.3
B № 3.	66.98	„	1 Acc.	510.8	68.04	3500	19°.4
B № 4.	184.26	„	1 Acc.	510.7	68.00	3500	18°.8
B № 5.	302.85	„	1 Acc.	510.9	68.09	3500	19°.9
B № 6.	489.93	„	1 Acc.	510.8	68.13	3500	20°.0
B № 7.	811.9	„	1 Acc.	510.9	68.11	3500	20°.0
B № 8.	1132.8	„	1 Acc.	510.9	86.15	3500	20°.1
B № 9.	1454.8	„	1 Acc.	510.9	68.09	3500	20°.2

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 10.	1777.8	sehr klein.	1 Acc.	510.8	68.06	3500	19°.5
B № 11.	2101.8	„	1 Acc.	510.8	68.17	3500	19°.2
B № 12.	2438.7	„	1 Acc.	510.8	79.29	5000	19°.2
B № 13.	2598.8	„	1 Acc.	510.8	79.24	5000	19°.2
B № 14.	3088.4	„	1 Acc.	510.8	79.21	5000	19°.2
B № 15.	6591.0	„	1 Acc.	510.8	68.18	3500	19°.2
B № 16.	10091.0	„	1 Acc.	510.8	68.20	3500	19°.2

Die Curve B N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	9.8	30.126	23.2	42.051	99.8	53.813	91.7	65.432	72.7	76.931	66.2
18.902	46.9	30.672	121.7	42.589	114.2	54.344	73.9	65.957	58.0	77.451	61.5
19.124	122.4	31.217	155.9	43.127	72.6	54.875	46.7	66.482	57.5	78.071	65.1
19.678	236.0	31.762	80.8	43.664	32.0	55.405	48.6	67.007	69.2	78.590	71.9
20.232	131.0	32.307	— 10.0	44.202	38.0	55.936	74.0	67.531	80.1	79.009	74.1
20.786	— 49.0	32.852	7.4	44.739	80.9	56.466	90.7	68.055	77.4	79.529	69.6
21.339	— 60.9	33.396	88.8	45.275	110.8	56.995	77.8	68.579	62.8	80.048	63.0
21.891	90.7	33.940	146.0	45.810	87.9	57.524	54.7	69.003	57.2	80.567	63.4
22.443	209.2	34.484	86.6	46.346	41.2	58.053	50.1	69.626	65.1	81.086	70.2
22.994	147.9	35.027	13.9	46.881	35.0	58.582	67.5	70.147	76.0	81.604	73.8
23.544	— 19.7	35.570	8.0	47.417	72.3	59.110	85.7	70.672	78.0	82.122	71.5
24.094	— 61.6	36.112	74.4	47.952	101.6	59.638	82.1	71.195	68.8	82.640	65.8
24.645	41.0	36.654	133.3	48.486	88.7	60.166	63.0	71.717	59.2	83.158	63.1
25.195	177.5	37.195	108.1	49.020	51.6	60.694	50.4	72.239	62.6	83.676	67.5
25.744	164.4	37.736	30.3	49.553	35.6	61.221	61.4	72.761	73.8	84.193	71.9
26.293	27.2	38.277	7.2	50.087	65.3	61.748	80.0	73.282	77.1	84.711	72.3
26.842	— 45.7	38.817	58.9	50.620	92.5	62.275	82.8	73.804	71.5	85.228	67.9
27.390	29.6	39.357	115.7	51.153	93.5	62.802	68.3	74.326	62.0	85.745	64.0
27.938	159.0	39.896	111.7	51.686	63.3	63.328	53.9	74.847	61.6	86.262	65.8
28.486	161.1	40.435	56.9	52.218	40.1	63.854	58.8	75.369	68.2		
29.033	58.0	40.974	15.9	52.750	54.3	64.380	72.5	75.890	75.8		
29.580	— 27.0	41.513	46.5	53.282	84.7	64.906	82.5	76.411	73.8		

Maxima und Minima der Curve B N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	235.95	9	159.00	17	117.48	25	94.48	33	82.68	41	75.99
2	— 87.47	10	— 15.19	18	23.18	26	43.91	34	55.33	42	61.50
3	212.06	11	145.51	19	110.19	27	90.77	35	80.57	43	74.93
4	— 64.56	12	— 3.10	20	29.74	28	47.36	36	57.19	44	62.50
5	189.57	13	134.63	21	103.83	29	87.62	37	78.80	45	73.97
6	— 45.89	14	7.00	22	35.16	30	50.55	38	58.88	46	62.99
7	174.01	15	125.57	23	98.81	31	84.74	39	76.82	47	73.10
8	— 29.46	16	15.77	24	39.95	32	53.11	40	60.61	48	63.93

Die Curve B N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	4.2	26.293	45.9	34.484	93.6	42.589	92.7	50.620	77.3	58.582	67.6
18.902	18.4	26.842	— 17.5	35.027	44.2	43.127	73.2	51.153	79.1	59.110	73.2
19.124	91.8	27.390	26.0	35.570	28.2	43.664	50.9	51.686	66.6	59.638	73.0
19.678	219.2	27.938	123.6	36.112	62.9	44.202	50.9	52.218	57.9	60.166	65.9
20.232	153.9	28.486	139.4	36.654	104.6	44.739	69.9	52.750	62.2	60.694	62.9
20.786	— 9.1	29.033	63.9	37.195	95.6	45.275	87.6	53.282	72.9	61.221	65.9
21.339	— 54.8	29.580	4.2	37.736	55.9	45.810	77.8	53.813	77.8	61.748	71.1
21.891	41.4	30.126	23.3	38.277	33.8	46.346	56.1	54.344	72.1	62.275	72.8
22.443	183.7	30.672	92.7	38.817	55.9	46.881	51.9	54.875	60.9	62.802	68.6
22.994	149.5	31.217	129.4	39.357	91.5	47.417	64.9	55.405	60.9	63.328	64.4
23.544	24.1	31.762	83.8	39.896	97.5	47.952	82.0	55.936	69.6	63.854	65.2
24.094	— 40.9	32.307	22.8	40.435	65.9	48.486	78.2	56.466	75.8	64.380	69.5
24.645	37.2	32.852	27.2	40.974	41.6	49.020	62.9	56.995	72.2	64.906	72.0
25.195	151.0	33.396	81.7	41.513	49.7	49.553	54.5	57.524	64.3	65.432	70.4
25.744	146.8	33.940	116.7	42.051	82.1	50.087	64.1	58.053	61.8		

Maxima und Minima der Curve B N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	222.05	7	145.26	13	106.69	19	87.53	25	77.81	31	72.84
2	— 69.41	8	0.77	14	33.76	20	50.92	26	59.68	32	63.86
3	190.53	9	129.49	15	98.75	21	83.52	27	75.83	33	71.99
4	— 40.94	10	13.57	16	40.94	22	54.63	28	61.04		
5	165.38	11	116.62	17	92.60	23	80.30	29	74.00		
6	— 18.21	12	24.85	18	46.70	24	57.22	30	62.86		

N:o 1.

Die Curve B N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	7.9	24.094	— 19.6	30.126	40.9	36.112	65.9	42.051	73.3	47.952	73.8
18.902	38.3	24.645	68.2	30.672	89.7	36.654	87.9	42.589	79.6	48.486	72.6
19.124	127.3	25.195	136.0	31.217	105.6	37.195	84.4	43.127	71.4	49.020	66.6
19.678	209.4	25.744	119.5	31.762	72.9	37.736	60.4	43.664	59.9	49.553	62.7
20.232	114.6	26.293	44.6	32.307	34.7	38.277	49.2	44.202	59.3	50.087	66.0
20.786	— 22.5	26.842	3.0	32.852	43.0	38.817	61.7	44.739	69.0	50.620	70.6
21.339	— 32.0	27.390	45.9	33.396	77.5	39.357	80.2	45.275	76.5	51.153	72.4
21.891	76.8	27.938	113.7	33.940	97.8	39.896	81.9	45.810	72.9	51.686	67.8
22.443	168.8	28.486	115.6	34.484	77.8	40.435	67.6	46.346	64.0	52.218	64.2
22.994	132.0	29.033	57.0	35.027	51.5	40.974	54.7	46.881	60.8	52.750	64.9
23.544	14.1	29.580	23.0	35.570	44.1	41.513	58.8	47.417	66.9		

Maxima und Minima der Curve B N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	210.29	5	144.19	9	108.70	13	89.71	17	79.77	21	74.23
2	— 53.90	6	2.80	10	32.87	14	49.19	18	57.96	22	62.70
3	172.08	7	123.59	11	97.88	15	83.84	19	76.63	23	72.71
4	— 21.18	8	20.19	12	42.47	16	54.17	20	60.81	24	64.06

Die Curve B N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	9.2	21.891	58.1	25.744	95.9	29.580	56.8	33.396	67.9	37.195	70.8
18.902	29.2	22.443	122.8	26.293	63.9	30.126	58.7	33.940	73.0	37.736	67.9
19.124	101.4	22.994	106.9	26.842	45.1	30.672	69.3	34.484	71.7	38.277	66.1
19.678	176.7	23.544	44.4	27.390	54.1	31.217	77.8	35.027	66.7	38.817	66.9
20.232	120.6	24.094	25.0	27.938	80.4	31.762	71.9	35.570	64.3		
20.786	14.0	24.645	54.3	28.486	84.8	32.307	63.3	36.112	66.9		
21.339	— 6.8	25.195	93.9	29.033	69.5	32.852	61.7	36.654	70.4		

Maxima und Minima der Curve B N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	176.74	4	24.18	7	85.84	10	61.07	13	17.02
2	— 12.40	5	100.70	8	55.10	11	73.48	14	65.98
3	127.38	6	44.11	9	77.86	12	64.19		

Die Curve B N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	3.4	20.786	48.1	23.544	63 9	26.293	70.3	29.033	70.1	31.762	69.8
18.902	10.8	21.339	14.8	24.094	46.0	26.842	59.9	29.580	66.4	32.307	67.6
19.124	69.1	21.891	48.4	24.645	55.0	27.390	60.9	30.126	64.7	32.852	66.6
19.678	148.0	22.443	96.0	25.195	76.0	27.938	69 8	30.672	67.6	33.396	67.6
20.232	126.3	22.994	95.9	25.744	81.8	28.486	73 8	31.217	70.0		

Maxima und Minima der Curve B N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	153.10	3	103.71	5	81.83	7	73.80	9	70.92
2	13.23	4	45.83	6	58.88	8	64.03	10	66.58

Die Curve B N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	2.9	20.786	63.9	23.544	69.8	26.293	69.8
18.902	11.0	21.339	36.4	24.094	60.4	26.842	66.6
19.124	52.1	21.891	52.2	24.645	61.9	27.390	65.8
19.678	123.4	22.443	79.4	25.195	69.0	27.938	67.6
20.232	111.8	22.994	82.7	25.744	71.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	129.36	6	65.85
2	36.59		
3	83.94		
4	59.88		
5	72.19		

Die Curve B N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	2.0	20.232	97.7	22.443	68.1	24.645	66.9
18.902	7.4	20.786	74.4	22.994	71.8		
19.124	39.2	21.339	56.3	23.544	69.8		
19.678	94.7	21.891	58.9	24.094	67.2		

Max. und Min.

№	q
1	102.98
2	56.10
3	71.82
4	66.84

Die Curve B N:o 8.

t	q	t	q
18.564	1.8	21.339	64.9
18.902	5.5	21.891	63.9
19.124	29.0	22.443	66.8
19.678	75.3	22.994	68.3
20.232	86.7	23.544	68.5
20.786	76.6		

Max. und Min.

№	q
1	87.79
2	63.66
3	68.73

Die Curve B N:o 9.

t	q	t	q
18.564	1.2	21.339	68.0
18.902	5.0	21.891	66.8
19.124	22.9	22.443	66.8
19.678	62.9		
20.232	78.2		
20.786	74.8		

Max. und Min.

№	q
1	78.15
2	66.65

Die Curve B N:o 10.

t	q	t	q
18.564	1.0	21.339	69.1
18.902	4.0	21.891	67.9
19.124	20.1	22.443	67.5
19.678	56.7	22.994	67.6
20.232	71.1	23.544	67.8
20.786	71.9		

Max. und Min.

№	q
1	72.44
2	67.57

Die Curve B N:o 11.

t	q	t	q
18.564	1.8	21.339	68.8
18.902	7.1	21.891	68.1
19.124	23.5	22.443	67.8
19.678	57.9	22.994	67.9
20.232	66.7	23.544	67.8
20.786	69.0		

Max. und Min.

№	q
1	69.13

Die Curve B N:o 12.

t	q	t	q	t	q
18.564	2.4	20.786	77.3	23.544	78.6
18.902	9.6	21.339	78.5	25.744	78.7
19.124	22.4	21.891	78.8	27.938	78.7
19.678	55.9	22.443	78.8		
20.232	72.2	22.994	78.7		

Die Curve B N:o 13.

t	q	t	q	t	q
18.902	7.5	21.339	78.0	24.645	78.6
19.124	21.8	21.891	78.4	25.744	78.7
19.678	54.6	22.443	78.7	27.938	78.75
20.232	68.9	22.994	78.7		
20.786	75.6	23.544	78.65		

Die Curve B N:o 14.

t	q	t	q	t	q
18.902	7.9	22.443	78.4	157.489	79.1
19.124	21.0	23.544	78.55	208.343	79.15
19.678	55.0	24.645	78.65		
20.232	66.9	25.744	78.7		
20.786	74.0	27.938	78.75		
21.339	76.9	54.875	78.9		
21.891	78.0	106.799	79.0		

Die Curve B N:o 15.

t	q	t	q	t	q
18.902	2.7	22.443	54.9	30.126	67.4
19.124	10.0	22.994	57.8	33.396	67.7
19.678	22.9	23.544	60.1	54.875	67.8
20.232	32.7	24.094	61.9	106.799	67.9
20.786	40.8	24.645	63.3	157.489	67.95
21.339	47.0	25.744	64.9	208.343	68.0
21.891	51.0	26.842	66.1		

Die Curve B N:o 16.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	2.8	21.339	36.3	24.094	53.3	26.842	61.5	38.817	67.6	208.343	68.0
19.124	6.2	21.891	40.9	24.645	55.8	27.938	63.05	44.202	67.8		
19.678	16.1	22.443	44.6	25.195	57.3	29.033	64.2	54.875	67.85		
20.232	23.2	22.994	48.1	25.744	59.1	31.217	66.0	106.799	67.9		
20.786	29.8	23.544	51.1	26.293	60.3	33.396	66.8	157.489	67.95		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

$L = 0.5933$ Henry. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. $W = W_1 + W_2$.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
C № 1.	3.56	63.44	67.00	1 Acc.	510.8	76.45	2000	19°.3
C № 2.	3.56	180.70	184.26	1 Acc.	510.8	76.47	2000	19°.4
C № 3.	3.56	299.30	302.86	1 Acc.	510.8	76.45	2000	19°.6

N:o 1.

Die Curve C N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	24.1	25.524	4.5	32.743	58.4	39.896	78.1	46.989	78.1	54.025	80.1
18.902	55.9	26.184	115.2	33.396	108.3	40.543	94.5	47.631	87.4	54.663	82.3
19.567	214.5	26.842	153.1	34.049	113.8	41.189	90.6	48.272	82.6	55.299	78.5
20.232	176.8	27.500	104.9	34.701	73.0	41.836	72.5	48.913	72.0	55.936	73.1
20.896	34.8	28.157	26.8	35.353	45.8	42.481	58.4	49.553	67.3	56.571	72.0
21.560	— 48.0	28.814	15 3	36.004	51.1	43.127	66.8	50.193	74.5	57.207	77.3
22.222	22.5	29.470	77.0	36.654	89.3	43.772	85.1	50.833	83.3	57.841	80.3
22.883	151.2	30.126	129.8	37.303	105.5	44.417	91.3	51.473	83.5	58 476	79.6
23.544	171.1	30.781	115.5	37.952	86.7	45.060	81.2	52.112	75.6	59.110	75.5
24.205	81.2	31.435	50.2	38.601	59.6	45.703	65.5	52.750	70.1		
24.865	— 11.4	32 089	28.9	39.249	53.0	46.346	65.6	53.388	72.0		

Maxima und Minima der Curve C N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	223.73	5	153.35	9	117.32	13	97.52	17	87.55	21	82.31
2	— 48.41	6	10.91	10	42.08	14	58.42	18	67.28	22	71.49
3	183.12	7	132.44	11	105.98	15	92.09	19	84.51	23	80.68
4	— 14.23	8	28.93	12	51.49	16	63.46	20	69.52		

Die Curve C N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	30.4	22.222	33.2	26.184	87.3	30.126	93.1	34.049	85.0	37.952	78.7
18.902	60.0	22.883	120.0	26.842	111.3	30.781	89.8	34.701	76.5	38.601	75.3
19.567	202.7	23.544	137.4	27.500	91.3	31.435	72.2	35.353	71.3	39.249	73.3
20.232	173.0	24.205	85.6	28.157	62.1	32.089	64.0	36.004	71.3	39.896	75.5
20.896	49.2	24.865	29.3	28.814	52.9	32.743	71.2	36.654	78.0		
21.560	— 18.6	25.524	39.9	29.470	74.9	33.396	82.3	37.303	80.7		

Maxima und Minima der Curve C N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	212.63	3	145.17	5	111.34	7	94.12	9	85.49	11	81.21
2	— 20.02	4	27.89	6	51.69	8	64.17	10	70.29	12	73.22

Die Curve C N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	34.9	21.560	1.9	24.865	51 0	28.157	70.7	31.435	75.8	34.701	77.1
18.902	69.7	22.222	42.1	25.524	55.5	28.814	67.3	32 089	73.3	35.353	75.7
19.567	194.8	22.883	105.7	26.184	79.5	29.470	73.6	32.743	74.5	36.004	75.3
20.232	161.1	23.544	115.9	26.842	92.1	30.126	80.6	33.396	77.3	36.654	76.4
20.896	52.2	24.205	81.7	27.500	84.3	30.781	81.1	34.049	78.4		

Maxima und Minima der Curve C N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	202.45	3	121.25	5	92.32	7	82.21	9	78.51
2	1.97	4	50.15	6	67.21	8	73.23	10	75.30

Ladungscurve D.

$L = L_1 + L_2 + 2\ M = 0.5933$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry.
$C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. $W_1 = 1.51$ Ohm. $W_2 = 2.18$ Ohm.
$W = W_1 + W_2 = 3.69$ Ohm. $E = 1$ Acc. $w = 510.8$ Ohm.
Volle Ladung $= 76.92$ Sc. Th.
$W_n = 2000$ Ohm. Mittl. $\vartheta = 19°.5$.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	63.3	20.232	140.0	22.222	36.3	24.205	81.4	26.184	102.2	28.157	32.3
18.902	90.4	20.896	53.8	22.883	122.3	24.865	11.9	26.842	140.1	28.814	20.4
19.567	148.4	21.560	— 1.1	23.544	143.2	25.524	26.3	27.500	92.2	29.470	79.7

N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
30.126	130.3	41.189	103.1	52.112	70.7	62.907	61.2	73.595	66.8	84.193	73.0
30.781	113.3	41.836	66.2	52.750	53.2	63.538	65.5	74.221	77.0	84.819	79.6
31.435	49.1	42.481	41.7	53.388	65.3	64.170	83.4	74.847	85.4	85.435	83.3
32.089	24.6	43.127	59.4	54.025	88.1	64.801	91.4	75.473	83.4	86.055	79.0
32.743	57.5	43.772	95.3	54.663	98.1	65.432	82.2	76.098	73.3	86.675	72.3
33.396	115.3	44.417	107.3	55.299	80.7	66.062	66.3	76.723	67.2	87.295	70.6
34.049	122.1	45.060	83.6	55.936	58.3	66.692	63.6	77.347	71.7	87.914	75.6
34.701	72.5	45.703	50.0	56.571	60.0	67.321	74.0	77.971	82.0	88.533	81.3
35.353	34.1	46.346	52.8	57.207	83.2	67.950	87.5	78.594	85.3	89.152	82.0
36.004	45.6	46.989	83.0	57.841	95.6	68.579	86.4	79.217	79.0	89.770	75.3
36.654	93.9	47.631	105.3	58.476	87.1	69.207	73.2	79.840	70.1	90.388	71.3
37.303	119.4	48.272	94.5	59.110	65.7	69.835	64.3	80.463	68.8	91.014	73.4
37.952	92.3	48.913	60.3	59.744	58.4	70.463	70.0	81.086	76.5	91.624	79.0
38.601	51.0	49.553	50.7	60.377	71.2	71.090	83.0	81.708	83.4	92.242	81.4
39.249	38.2	50.193	72.6	61.010	90.1	71.717	86.6	82.329	82.4	92.860	79.1
39.896	74.3	50.833	97.3	61.643	92.0	72.343	80.4	82.951	75.3	93.478	73.5
40.543	108.8	51.473	96.2	62.275	75.3	72.970	68.3	83.572	69.3		

Maxima und Minima der Curve D N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	159.08	9	125.49	17	105.34	25	93.52	33	86.61	41	82.48
2	— 0.93	10	30.91	18	49.52	26	60.49	34	67.28	42	71.09
3	149.15	11	119.31	19	102.02	27	91.42	35	85.32	43	81.81
4	8.33	12	36.17	20	52.80	28	62.50	36	68.49	44	71.59
5	140.23	13	114.29	21	98.77	29	89.55	37	84.31		
6	17.00	14	41.18	22	55.67	30	64.44	38	69.29		
7	132.24	15	109.51	23	95.96	31	88.09	39	83.38		
8	25.41	16	46.13	24	58.25	32	65.85	40	70.29		

XI.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
A № 1.	0.59	2.87	2.91	1 Acc.	510.8	100.90	480	19°.0
A № 2.	64.04	2.88	2.92	1 Acc.	510.9	100.92	480	20°.1
A № 3.	181.33	2.88	2.92	1 Acc.	510.9	100.92	480	20°.2
A № 4.	299.30	2.88	2.92	1 Acc.	510.9	100.92	480	20°.2
A № 5.	486.98	2.88	2.92	1 Acc.	510.9	100.92	480	20°.2
A № 6.	808.74	2.26	2.90	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.6
A № 7.	1129.6	2.86	2.90	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.7
A № 8.	3082.0	2.86	2.90	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.8
A № 9.	10080.5	2.86	2.90	1 Acc.	510.8	100.93	480	18°.9

Die Curve A N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.1	25.964	141.4	33.832	94.6	41.621	79.7	49.340	131.8	56.995	67.4
18.902	85.0	26.842	70.8	34.701	147.2	42.482	57.0	50.194	133.1	57.841	83.0
19.789	155.5	27.719	38.7	35.570	143.8	43.342	83.7	51.047	98.0	58.687	116.9
20.675	166.6	28.595	74.0	36.437	94.9	44.202	126.0	51.899	65.0	59.533	131.9
21.560	102.1	29.470	135.5	37.304	53.4	45.060	143.9	52.750	73.0	60.377	112.2
22.443	37.7	30.344	157.4	38.169	64.0	45.918	112.7	53.600	107.7	61.221	80.2
23.325	44.2	31.217	112.5	39.033	119.1	46.775	72.0	54.450	135.3	62.064	71.1
24.206	117.9	32.090	58.4	39.896	147.5	47.631	63.5	55.299	124.2	62.907	91.9
25.085	164.3	32.961	49.3	40.759	135.4	48.486	94.7	56.147	84.9	63.749	122.8

N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
64.590	125.7	72.135	83.0	79.632	111.5	87.088	96.0	94.507	102.3	101.889	100.8
65.431	101.5	72.970	110.9	80.463	89.7	87.914	111.8	95.329	90.5	102.708	111.0
66.272	78.4	73.804	123.1	81.293	80.9	88.739	117.1	96.150	87.2	103.526	111.6
67.111	74.0	74.630	117.0	82.122	91.4	89.564	104.1	96.970	98.2	104.345	99.1
67.950	103.0	75.473	94.0	82.951	111.8	90.388	89.2	97.791	111.8	105.163	90.9
68.788	123.7	76.306	78.5	83.779	119.4	91.212	86.0	98.611	111.9	105.981	91.4
69.626	121.5	77.139	87.4	84.607	107.9	92.036	97.9	99.431	101.2	106.799	99.9
70.463	98.9	77.971	111.1	85.435	88.9	92.860	112.8	100.251	90.0		
71.299	78.1	78.802	121.9	86.262	83.0	93.684	113.9	101.070	88.7		

Maxima und Minima der Curve A N:o 1.

N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q	N:o	q
1	173.50	7	154.13	13	139.80	19	129.59	25	121.78	31	115.91
2	31.71	8	50.22	14	63.96	20	73.83	26	80.95	32	86.17
3	166.32	9	148.59	15	135.81	21	126.51	27	119.67	33	114.81
4	38.48	10	55.10	16	67.43	22	76.42	28	83.01	34	87.89
5	159.87	11	144.13	17	132.66	23	123.98	29	117.79	35	113.10
6	44.81	12	59.56	18	70.83	24	78.72	30	84.70	36	88.98

Die Curve A N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.4	23.873	89.5	29.798	112.6	35.678	107.8	41.513	101.1	47.310	99.5
18.902	71.3	24.865	124.0	30.781	112.9	36.654	99.9	42.481	97.9	48.272	99.7
19.900	145.6	25.854	125.5	31.762	97.9	37.628	95.4	43.450	98.9	49.233	101.1
20.896	148.0	26.842	94.5	32.743	90.0	38.601	97.2	44.417	102.0		
21.891	91.8	27.828	79.8	33.723	96.0	39.572	103.2	45.382	102.9		
22.883	60.4	28.814	92.4	34.701	106.6	40.543	104.8	46.346	101.0		

Maxima und Minima der Curve A N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	156.43	3	129.76	5	115.90	7	108.86	9	104.91	11	102.97
2	60.43	4	80.02	6	89.85	8	95.15	10	97.93	12	99.12

Die Curve A N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	45.4	22.883	87.5	27.828	98.4	32.743	100.2
18.902	59.7	23.873	92.0	28.814	98.3	33.723	100.1
19.900	121.6	24.865	103.1	29.798	101.6	34.701	100.7
20.896	131.8	25.854	106.6	30.781	101.9		
21.891	107.9	26.842	102.2	31.762	101.1		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	133.82	6	100.22
2	86.60		
3	106.90		
4	97.91		
5	101.71		

Die Curve A N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	37.0	21.891	109.1	25.854	101.5	29.798	100.3
18.902	51.1	22.883	97.9	26.842	101.5	30.781	100.7
19.900	103.0	23.873	96.6	27.828	100.9		
20.896	119.0	24.865	99.4	28.814	100.3		

Max. und Min.

№	q
1	119.07
2	96.14
3	101.64
4	100.25

Die Curve A N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	30.3	20.896	104.1	23.873	100.3	26.842	100.6
18.902	43.2	21.891	105.5	24.865	100.1	27.828	100.7
19.900	84.3	22.883	102.4	25.854	100.1		

Max. und Min.

№	q
1	106.05
2	100.12

Die Curve A N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	23.7	23.873	99.3	33.396	100.55
18.902	32.0	24.865	100.0	44.202	100.55
19.900	65,1	25.854	100.2	54.875	100.7
20.896	84.3	26.842	100.3	106.799	100.8
21.891	93.5	29.033	100.3	157.489	100.85
22.883	97.6	31.217	100.3	208.343	100.9

Die Curve A N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	18.7	23.873	93.2	33.396	100.2
18.902	26.0	24.865	96.0	44.202	100.35
19.900	52.2	25.854	97.7	54.875	100.4
20.896	70.9	26.842	98.7	106.799	100.5
21.891	81.8	29.033	99.8	157.489	100.6
22.883	89.1	31.217	100.1	208.343	100.7

Die Curve A N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.4	29.033	82.8	54.875	99.9
20.232	28.9	31.217	87.0	106.799	100.5
22.443	49.7	33.396	91.8	157.489	100.6
24.645	64.3	38.817	96.8	208.343	100.7
26.842	75.3	44.202	98.8		

Die Curve A N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	4.2	35.570	57.1	75.890	94.6
20.232	10.0	39.896	65.5	86.262	96.8
22.443	19.3	44.202	72.0	106.799	99.0
26.842	34.7	54.875	83.5	157.489	100.3
31.217	47.2	65.432	90.4	208.343	100.65

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	0.59	2.87	1.51	1 Acc.	510.8	101.03	480	18°.9
B № 2.	31.00	2.85	1.50	1 Acc.	510.6	100.92	480	17°.2
B № 3.	64.02	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.3
B № 4.	181.27	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.4
B № 5.	299.23	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.4
B № 6.	486.80	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.4
B № 7.	808.74	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.5
B № 8.	3081.9	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.6
B № 9.	10080.1	2.87	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.7

Die Curve B N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	79.8	27.500	114.9	36.004	82.0	44.417	117.7	52.750	86.5	61.011	111.6
19.567	141.7	28.157	76.3	36.654	113.6	45.060	102.5	53.388	98.9	61.643	107.3
20.232	143.6	28.814	67.8	37.303	127.6	45.703	82.0	54.025	112.5	62.275	93.9
20.896	95.9	29.470	99.8	37.952	107.2	46.346	90.3	54.663	113.0	62.906	91.0
21.560	53.5	30.126	134.0	38.601	84.0	46.989	111.8	55.299	98.0	63.538	99.1
22.222	66.3	30.781	125.7	39.249	79.0	47.631	118.7	55.936	88.0	64.170	108.6
22.883	125.7	31.435	85.3	39.896	105.3	48.272	105.2	56.571	94.0	64.801	108.9
23.544	143.6	32.089	68.5	40.543	123.4	48.913	87.9	57.206	108.8	65.332	100.1
24.205	110.4	32.743	90.4	41.189	114.6	49.553	86.6	57.841	113.3	66.062	92.8
24.865	62.3	33.396	124.6	41.835	91.0	50.193	104.2	58.476	103.9	66.691	95.8
25.524	66.7	34.049	128.7	42.481	79.3	50.833	115.5	59.110	91.0	67.320	104.7
26.183	115.1	34.701	96.8	43.127	96.7	51.473	112.0	59.743	91.7	67.949	109.5
26.842	140.5	35.353	74.6	43.772	117.6	52.112	92.1	60.376	101.9	68.578	102.2

Maxima und Minima der Curve B N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	151.66	6	64.03	11	127.81	16	82.01	21	115.01	26	90.75
2	53.25	7	135.64	12	76.05	17	119.44	22	87.76	27	110.52
3	145.62	8	68.43	13	123.93	18	84.17	23	113.33	28	91.97
4	59.10	9	131.45	14	78.99	19	116.96	24	89.05	29	109 52
5	140.57	10	72.50	15	121.75	20	86.00	25	111.90		

Die Curve B N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.0	22.222	76.1	26.183	101.9	30.126	109.1	34.049	105.9	37.952	102.5
18.902	76.2	22.883	112.9	26.842	116.4	30.781	108.3	34.701	101.9	38.601	99.4
19.567	133.7	23.544	125.7	27.500	109.1	31.435	98.8	35.353	97.1	39.249	97.9
20.232	139.4	24.205	109.9	28.157	94.0	32.089	93.7	36.004	96.9	39.896	100.2
20.896	100.9	24.865	83.2	28.814	88.8	32.743	96.5	36.654	101.6		
21.560	68.7	25.524	83.7	29.470	97.9	33.396	104.1	37.303	103.9		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve B N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	143.99	3	126.65	5	116.43	7	110.25	9	106.58	11	104.12
2	67.03	4	80.45	6	88.32	8	93.33	10	96.37	12	97.96

Die Curve B N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.0	22.222	82.1	26.183	98.9	30.126	102.5
18.902	71.1	22.883	103.9	26.843	106.0	30.781	102.9
19.567	121.8	23.544	115.1	27.500	104.9	31.435	100.9
20.232	133.7	24.205	107.1	28.157	99.4	32.089	99.6
20.896	106.6	24.865	94.0	28.814	96.9	32.743	99.8
21.560	79.0	25.524	91.8	29.470	98.9	33.396	101.1

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	136.92	7	103.23
2	77.82	8	99.09
3	115.18		
4	91.40		
5	106.55		
6	96.94		

Die Curve B N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	46.7	20.896	110.8	23.544	101.8	26.183	100.3
18.902	57.7	21.560	98.8	24.205	101.9	26.843	100.8
19.567	100.9	22.222	95.6	24.865	101.1		
20.232	118.7	22.883	98.7	25.524	100.3		

Max. und Min.

№	q
1	118.61
2	95.75
3	102.05
4	100.12

Die Curve B N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	38.2	20.232	105.9	22.222	100.8	24.205	100.7	26.183	100.7
18.902	49.0	20.896	106.9	22.883	100.1	24.865	100.8	26.842	100.7
19.567	88.6	21.560	102.4	23.544	100.3	25.524	100.8		

Max. und Min.

№	q
1	107.31
2	99.89
3	100.82

Die Curve B N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	31.2	22.222	100.5	26.183	100.6
18.902	43.0	22.883	100.7	26.842	100.65
19.567	72.5	23.544	100.4		
20.232	90.9	24.205	100.45		
20.896	97.2	24.865	100.6		
21.560	99.9	25.524	100.6		

Die Curve B N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	23.3	22.222	92.9	29.033	100.5
18.902	30.9	22.883	95.4	33.396	100.65
19.567	52.9	23.544	97.6	54.875	100.7
20.232	72.0	24.645	98.9	106.799	100.8
20.896	81.4	25.744	99.8	157.489	100.85
21.560	88.8	26.842	100.2	208.343	100.9

Die Curve B N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	8.6	22.883	52.6	38.817	91.4
18.902	11.6	23.544	57.9	44.202	96.6
19.567	20.4	24.645	64.4	54.875	98.8
20.232	29.0	25.744	70.2	81.086	100.1
20.896	35.0	26.842	75.4	106.799	100.6
21.560	41.8	29.033	82.6	157.489	100.65
22.222	47.6	33.396	87.8	208.343	100.85

Die Curve B N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	3.0	31.217	47.0	75.890	94.2
18.902	3.8	33.396	52.6	86.262	96.9
20.232	10.0	38.817	63.2	96.560	98.2
22.443	18.9	44.202	72.0	106.799	99.1
24.645	27.2	49.553	78.3	132.208	100.1
26.842	34.7	54.875	83.3	157.489	100.6
29.033	41.0	65.432	90.5	208.343	100.7

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

Abth. C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.08875$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
C № 1.	0.59	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	101.00	480	19°.0
C № 2.	31.01	2.87	0.94	1 Acc.	510.7	100.96	480	18°.6
C № 3.	64.03	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	100.93	480	19°.2
C № 4.	181.29	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	100.94	480	19°.2
C № 5.	299.26	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	101.04	480	19°.0
C № 6.	486.85	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	101.06	480	19°.0
C № 7.	3082.1	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	101.01	480	19°.0
C № 8.	10080.6	2.87	0.94	1 Acc.	510.8	101.02	480	19°.0

Die Curve C N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.4	22.884	100.5	27.280	120.0	31.653	99.9	36.004	92.1	40.328	103.3
18.902	82.0	23.325	80.2	27.819	111.5	32.090	110.9	36.437	94.4	40.759	97.6
19.346	123.1	23.765	82.7	28.157	90.1	32.525	111.0	36.871	105.3	41.190	95.3
19.789	136.2	24.206	105.5	28.595	84.0	32.961	100.9	37.304	109.1	41.621	99.9
20.232	109.1	24.645	123.6	29.033	96.0	33.396	90.0	37.737	103.8	42.052	105.9
20.675	79.8	25.085	116.8	29.470	112.5	33.832	92.7	38.168	96.1	42.482	105.9
21.118	69.3	25.524	95.0	29.907	115.1	34.267	101.9	38.601	93.7	42.913	102.1
21.560	100.3	25.964	79.9	30.344	102.7	34.701	110.8	39.033	98.9	43.342	96.9
22.001	125.0	26.403	89.0	30.781	90.2	35.136	108.1	39.464	105.9	43.772	96.8
22.443	126.1	26.842	112.1	31.217	87.7	35.570	96.9	39.896	107.6	44.202	101.6

Maxima und Minima der Curve C N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	137.35	5	124.76	9	116.48	13	111.41	17	107.50
2	68.03	6	79.75	10	87.19	14	91.97	18	94.92
3	130.56	7	120.17	11	113.69	15	109.16	19	106.31
4	75.00	8	83.78	12	89.95	16	93.93	20	96.14

Die Curve C N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.2	20.675	89.3	22.884	103.9	25.085	106.9	27.280	104.0	29.470	101.2
18.902	79.8	21.118	80.4	23.325	93.9	25.524	101.0	27.819	103.3	29.907	102.4
19.346	113.7	21.560	94.0	23.765	92.0	25.964	96.2	28.157	100.5	30.344	101.7
19.789	130.9	22.001	110.2	24.206	99.1	26.403	98.1	28.595	98.6	30.781	100.5
20.232	112.0	22.443	114.4	24.645	107.3	26.842	101.7	29.033	99.5	31.217	99.9

Maxima und Minima der Curve C N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	130.85	3	115.28	5	107.87	7	104.09	9	102.37
2	80.25	4	90.97	6	96.24	8	98.36	10	99.92

Die Curve C N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.2	20.675	96.3	22.884	103.9	25.085	102.7
18.902	72.6	21.118	88.7	23.325	99.7	25.524	101.8
19.346	108.6	21.560	97.2	23.765	97.9	25.964	100.6
19.789	124.7	22.001	103.9	24.206	99.4	26.403	99.9
20.232	112.5	22.443	107.4	24.645	102.1	26.842	100.8

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	124.73	6	99.91
2	88.91		
3	107.50		
4	97.74		
5	102.73		

Die Curve C N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.8	19.789	106.8	21.118	100.9	22.443	100.9
18.902	59.7	20.232	108.7	21.560	99.3	22.884	101.0
19.346	87.2	20.675	104.2	22.001	99.9	23.325	101.1

Max. und Min.

№	q
1	109.12
2	99.35
3	101.08

Die Curve C N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	36.9	21.118	101.8	106.799	100.9
18.902	51.1	21.560	100.9	157.489	100.9
19.346	74.3	22.001	100.9	208.343	100.9
19.789	92.1	22.443	100.8		
20.232	100.7	33.396	100.9		
20.675	101.8	54.875	100.9		

Die Curve C N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	30.0	21.118	95.8	33.396	100.8
18.902	39.2	21.560	98.1	54.875	100.85
19.346	62.8	22.001	99.1	106.799	100.9
19.789	77.3	22.443	99.8	157.489	100.9
20.232	87.8	24.645	100.6	208.343	100.9
20.675	93.0	26.842	100.75		

Die Curve C N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	8.8	20.232	28.9	22.001	45.8	25.744	70.0	33.396	91.6	81.086	100.75
18.902	11.3	20.675	33.0	22.443	49.3	26.842	75.2	38.817	96.9	106.799	100.85
19.346	17.0	21.118	37.6	23.544	57.9	27.938	79.0	44.202	97.9	157.489	100.9
19.789	23.0	21.560	42.2	24.645	64.9	30.672	86.7	54.875	100.2	208.343	100.9

Die Curve C N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	3.0	24.645	27.1	33.396	52.5	54.875	83.8	96.560	98.1
18.902	4.0	26.842	34.8	38.817	63.3	65.432	90.7	106.799	99.1
20.232	10.0	29.033	41.3	44.202	72.0	75.890	94.8	157.489	100.6
22.443	19.0	31.217	47.2	49.553	78.4	86.262	96.9	208.343	100.8

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Ladungscurven).

Abth. D. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Da № 1.	0.59	2.86	26.07	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.7
Da № 2.	31.00	2.85	26.06	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3
Da № 3.	64.02	2.86	26.07	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.9
Db № 1.	0.59	2.86	50.99	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.4
Db № 2.	31.01	2.86	50.99	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.6
Db № 3.	64.02	2.86	50.99	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.6
Dc № 1.	0.59	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 2.	64.04	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 3.	181.30	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 4.	299.26	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 5.	486.86	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 6.	1129.7	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 7.	1451.6	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 8.	1774.8	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Dc № 9.	3082.1	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.92	480	19°.0
Dc № 10.	10080.7	2.87	146.10	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Dd № 1.	0.59	2.85	290.04	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.1
Dd № 2.	64.02	2.85	290.06	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.6
Dd № 3.	181.26	2.86	290.08	1 Acc.	510.7	100.93	480	18°.1
Dd № 4.	299.22	2.86	290.08	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.1
Dd № 5.	486.77	2.86	290.08	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.0
Dd № 6.	1129.5	2.86	290.08	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.0
Dd № 7.	1451.3	2.86	290.07	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.9
Dd № 8.	1774.4	2.86	290.07	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.8
Dd № 9.	3081.4	2.86	290.07	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.8
Dd № 10.	10078.5	2.86	290.07	1 Acc.	510.6	100.94	480	17°.8
De № 1.	0.59	2.86	876.4	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.0
De № 2.	64.02	2.86	876.4	1 Acc.	510.7	100.89	480	18°.4
De № 3.	181.27	2.86	876.5	1 Acc.	510.7	100.89	480	18°.5
De № 4.	299.25	2.87	876.5	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.7
De № 5.	486.84	2.87	876.5	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.8
De № 6.	1129.6	2.87	876.5	1 Acc.	510.8	100.90	480	18°.9
De № 7.	1775.6	2.87	876.5	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.8
De № 8.	3082.0	2.87	876.5	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.8
De № 9.	9205.0	2.87	876.5	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.8
Df № 1.	0.59	2.87	7000.0	1 Acc.	510.8	100.89	480	18°.9
Df № 2.	64.02	2.86	6999.9	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.1
Df № 3.	181.27	2.86	6999.9	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.5
Df № 4.	299.25	2.87	7000.0	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.7
Df № 5.	486.84	2.87	7000.0	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.8
Df № 6.	808.77	2.87	7000.0	1 Acc.	510.8	100.91	480	18°.9
Df № 7.	1129.6	2.87	7000.0	1 Acc.	510.8	100.91	480	18°.9

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Df № 8.	2100.9	2.87	7000.0	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Df № 9.	3082.1	2.87	7000.0	1 Acc.	510.8	100.92	480	19°.0

Die Curve Da N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	62.8	24.205	110.8	30.126	121.5	36.004	93.0	41.835	99.9	47.631	106.7
18.902	83.0	24.865	75.3	30.781	117.8	36.654	107.7	42.481	94.7	48.272	104.1
19.567	136.9	25.524	76.3	31.435	96.9	37.303	113.5	43.127	99.9	48.913	98.9
20.232	145.1	26.183	110.2	32.089	85.0	37.952	105.7	43.772	106.8	49.553	98.1
20.896	101.0	26.842	129.5	32.743	94.9	38.601	96.0	44.417	107.7		
21.560	61.7	27.500	115.2	33.396	113.4	39.249	93.2	45.060	102.6		
22.222	73.0	28.157	87.4	34.049	116.8	39.896	102.6	45.703	96.8		
22.883	121.8	28.814	79.7	34.701	104.1	40.543	109.9	46.346	98.2		
23.544	138.5	29.470	98.7	35.353	90.2	41.189	107.6	46.989	103.8		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	151.81	4	71.56	7	122.94	10	88.95	13	110.62	16	96.11
2	61.03	5	129.92	8	84.97	11	113.60	14	94.25	17	106.65
3	139.23	6	78.95	9	117.69	12	91.96	15	108.16	18	97.54

Die Curve Da N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.0	22.883	109.1	27.500	109.3	32.089	98.3	36.654	102.1	106.799	100.95
18.902	79.6	23.544	123.9	28.157	98.9	32.743	99.7	37.303	103.2	157.489	100.9
19.567	128.9	24.205	114.5	28.814	94.4	33.396	103.8	37.952	102.9	208.343	100.9
20.232	139.8	24.865	90.4	29.470	99.1	34.049	104.9	38.601	101.8		
20.896	108.3	25.524	89.2	30.126	106.9	34.701	102.9	39.249	100.9		
21.560	74.8	26.183	102.9	30.781	107.2	35.353	100.6	39.896	101.6		
22.222	83.0	26.842	113.1	31.435	101.9	36.004	100.2	54.875	101.5		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	144.43	3	123.90	5	131.29	7	107.86	9	104.95	11	103.47
2	73.20	4	87.19	6	94.38	8	98.10	10	99.92	12	100.91

Die Curve Da N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.3	21.560	84.1	24.865	97.8	28.157	103.2	31.435	102.5	106.799	100.9
18.902	71.0	22.222	85.4	25.524	95.9	28.814	99.9	32.089	101.6	157.489	100.9
19.567	122.0	22.883	104.9	26.183	100.9	29.479	101.1	32.743	101.6	208.343	100.9
20.232	135.5	23.544	114.4	26.842	105.9	30.126	103.0	33.396	102.0		
20.896	108.9	24.205	107.9	27.500	105.6	30.781	103.3	54.875	101.4		

Maxima und Minima der Curve Da N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	137.40	3	114.44	5	106.28	7	103.29
2	82.58	4	95.68	6	99.92	8	101.31

Die Curve Db N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.5	22.883	118.5	27.500	114.2	32.089	93.8	36.654	103.9	41.189	104.7
18.902	82.6	23.544	133.7	28.157	94.9	32.743	98.1	37.303	107.3	41.836	101.9
19.567	138.6	24.205	112.7	28.814	88.3	33.396	108.0	37.952	104.9	42.481	99.5
20.232	146.7	24.865	83.9	29.470	100.9	34.049	110.0	38.601	100.2	43.127	100.9
20.896	105.3	25.524	83.1	30.126	113.8	34.701	104.1	39.249	98.3		
21.560	68.7	26.183	105.9	30.781	113.8	35.353	97.3	39.896	101.9		
22.222	80.0	26.842	123.0	31.435	100.2	36.004	97.9	40.543	104.9		

Maxima und Minima der Curve Db N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	152.45	4	80.19	7	115.48	10	96.28	13	105.21
2	67.76	5	122.94	8	93.13	11	107.44	14	99.22
3	134.61	6	88.02	9	110.84	12	98.16		

Die Curve Db N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.8	21.560	80.0	24.865	95.9	28.157	101.3	31.435	102.9	34.701	103.1
18.902	74.2	22.222	84.2	25.524	93.0	28.814	98.3	32.089	100.9	35.353	101.9
19.567	129.0	22.883	108.9	26.183	103.1	29.470	101.1	32.743	101.2	36.004	101.6
20.232	142.2	23.544	121.8	26.842	110.8	30.126	105.6	33.396	103.1	36.654	102.5
20.896	110.2	24.205	112.2	27.500	109.2	30.781	105.9	34.049	103.9		

Maxima und Minima der Curve Db N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	143.56	3	121.75	5	111.07	7	106.48	9	104.09
2	78.42	4	92.57	6	98.13	8	100.78	10	101.61

Die Curve Db N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.0	22.222	89.9	26.183	102.1	30.126	103.2
18.902	71.7	22.883	104.9	26.842	105.9	30.781	103.8
19.567	122.0	23.544	113.7	27.500	105.9	31.435	103.1
20.232	137.0	24.205	110.5	28.157	103.3	32.089	102.6
20.896	113.8	24.865	101.4	28.814	101.8	32.743	102.1
21.560	89.8	25.524	98.8	29.470	102.2	33.396	102.3

Maxima und Minima.

N	q	N	q
1	137.99	7	103.82
2	86.97	8	102.13
3	113.45		
4	98.85		
5	106.31		
6	101.73		

Die Curve Dc N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.7	22.001	87.0	25.854	99.1	29.689	101.7	33.505	101.9	37.313	101.15
18.902	84.0	22.773	107.3	26.622	106.5	30.453	103.9	34.267	102.2	38.060	101.5
19.678	140.9	23.544	121.0	27.390	108.8	31.217	103.7	35.027	101.9	38.817	101.1
20.453	145.6	24.315	114.6	28.157	104.7	31.980	102.1	35.787	101.2		
21.228	106.7	25.085	100.1	28.922	100.7	32.743	101.1	36.546	101.05		

Maxima und Minima der Curve Dc N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	154.95	3	121.23	5	108.86	7	103.99	9	102.13	11	101.51
2	86.99	4	97.80	6	100.45	8	101.08	10	101.04		

Die Curve Dc N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.7	22.001	98.9	25.854	103.4	29.689	102.6	157.489	100.9
18.902	71.9	22.773	104.4	26.622	103.9	30.453	102.4	208.343	100.9
19.678	127.2	23.544	110.3	27.390	104.3	31.217	102.3		
20.453	136.6	24.315	109.7	28.157	103.8	54.875	100.9		
21.228	116.1	25.085	105.2	28.922	103.05	106.799	100.9		

Max. und Min.

№	q
1	140.59
2	98.92
3	110.84
4	103.30
5	104.36

Die Curve Dc N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.8	22.001	108.1	25.854	104.8	29.689	102.65	106.799	100.9
18.902	58.0	22.773	105.9	26.622	104.0	30.453	102.3	157.489	100.9
19.678	108.0	23.544	106.0	27.390	103.4	31.217	102.1	208.343	100.9
20.453	122.7	24.315	106.05	28.157	103.1	38.817	101.1		
21.228	115.9	25.085	105.2	28.922	102.85	54.875	100.8		

Max. und Min.

№	q
1	122.62
2	105.88

Die Curve Dc N:o 4. Max. = 111.93.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	36.9	20.453	110.3	22.773	107.3	26.842	103.5	33.396	101.6	106.799	100.85
18.902	49.0	21.228	111.8	23.544	106.3	28.486	102.9	44.202	100.9	157.489	100.9
19.678	92.7	22.001	109.8	25.195	104.9	30.126	102.1	54.875	100.85	208.343	100.9

Die Curve Dc N:o 5. Max. = 105.91.

t	q	t	q	t	q
18.564	30.4	22.773	105.9	44.202	100.9
18.902	39.1	23.544	105.7	54.875	100.8
19.678	76.0	25.195	104.6	106.799	100.8
20.453	94.4	26.842	103.3	157.489	100.85
21.228	102.1	30.126	101.9	208.343	100.9
22.001	105.2	33.396	101.6		

Die Curve Dc N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	20.2	25.524	98.6	106.799	100.8
18.902	25.0	26.842	100.3	157.489	100.85
20.232	59.2	30.126	101.6	208.343	100.9
21.560	79.0	33.396	101.2		
22.883	89.7	44.202	100.8		
24.205	95.4	54.875	100.65		

Die Curve Dc N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	15.8	25.524	93.5	44.202	100.9
18.902	20.3	26.842	96.9	54.875	100.7
20.232	49.9	30.126	99.9	106.799	100.7
21.560	69.3	33.396	100.9	157.489	100.75
22.883	81.0	36.112	100.9	208.343	100.8
24.205	88.4	38.817	100.9		

Die Curve Dc N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	18.0	26.842	92.3	106.799	100.7
20.232	44.6	30.126	97.9	157.489	100.75
21.560	61.9	33.396	99.9	208.343	100.8
22.883	73.6	38.817	100.5		
24.205	82.0	44.202	100.6		
25.524	88.3	54.875	100.65		

Die Curve Dc N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.1	29.033	83.1	54.875	100.15
20.232	28.8	31.217	88.3	106.799	100.6
22.443	50.0	33.396	92.0	157.489	100.7
24.645	64.7	38.817	96.9	208.343	100.75
26.842	75.3	44.202	99.0		

Die Curve Dc N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	3.9	35.570	57.0	75.890	94.7
20.232	10.0	39.896	65.2	86.262	96.9
22.443	19.2	44.202	72.0	106.799	99.0
26.842	34.3	54.875	83.8	157.489	100.3
31.217	47.0	65.432	90.4	208.343	100.7

Die Curve Dd N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	64.1	22.773	101.1	27.390	101.9	31.980	101.1
18.902	86.5	23.544	108.3	28.157	101.9	32.743	100.9
19.678	152.7	24.315	108.9	28.922	101.7	54.875	100.9
20.453	154.4	25.085	104.9	29.689	101.0	106.799	100.9
21.288	123.0	25.854	101.7	30.453	101.0	157.489	100.9
22.001	100.3	26.622	101.5	31.217	101.0	208.343	100.9

Max und Min.

№	q
1	158.71
2	98.93
3	109.35
4	101.31
5	102.23
6	100.99

Die Curve Dd N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	51.9	22.001	110.8	25.854	103.0	29.689	101.05	157.489	100.9
18.902	69.7	22.773	104.9	26.622	102.1	30.453	101.0	208.343	100.9
19.678	128.9	23.544	105.3	27.390	101.9	31.217	100.9		
20.453	143.6	24.315	105.6	28.157	101.5	54.875	100.9		
21.228	127.0	25.085	104.6	28.922	101.2	106.799	100.9		

Max. und Min.

№	q
1	144.72
2	104.82
3	105.88

Die Curve Dd N:o 3. Max. = 126.71.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	42.8	21.228	123.7	24.315	105.0	27.390	101.9	54.875	100.85
18.902	60.0	22.001	116.5	25.085	103.9	28.922	101.2	106.799	100.9
19.678	105.3	22.773	109.8	25.854	102.9	31.217	100.95	157.489	100.9
20.453	126.3	23.544	106.8	26.622	102.15	33.396	100.8	208.343	100.9

Die Curve Dd N:o 4. Max. = 116.43.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	36.3	21.228	116.4	24.315	106.2	27.390	101.9	33.396	100.8	157.489	100.85
18.902	47.4	22.001	114.2	25.085	104.5	28.157	101.45	44.202	100.6	208.343	100.9
19.678	90.2	22.773	111.0	25.854	103.3	28.922	101.3	54.875	100.6		
20.453	112.5	23.544	108.1	26.622	102.5	31.217	100.8	106.799	100.75		

Die Curve Dd N:o 5. Max. = 108.89.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	31.0	21.228	104.9	24.315	106.7	27.390	102.2	33.396	100.6	106.799	100.7
18.902	42.1	22.001	108.3	25.085	105.2	28.157	101.9	44.202	100.5	157.489	100.8
19.678	74.1	22.773	108.9	25.854	104.1	28.922	101.5	54.875	100.4	208.343	100.9
20.453	94.9	23.544	107.9	26.622	103.1	31.217	100.9	75.890	100.55		

Die Curve Dd N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	18.1	21.339	76.2	25.744	99.9	30.126	101.2	54.875	100.65
18.902	24.7	22.443	88.0	26.842	100.9	31.217	101.0	106.799	100.7
19.678	46.7	23.544	93.9	27.938	101.3	33.396	100.9	157.489	100.8
20.453	63.8	24.645	97.7	29.033	101.5	44.202	100.5	208.343	100.85

Die Curve Dd N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	14.9	21.339	67.0	25.744	94.9	31.217	100.3	44.202	100.6	208.343	100.85
18.902	20.9	22.443	78.1	26.842	97.1	33.396	100.4	54.875	100.5		
19.678	38.9	23.544	86.0	27.938	98.7	35.570	100.5	106.799	100.7		
20.453	53.4	24.645	91.4	29.033	99.7	38.817	100.6	157.489	100.8		

Die Curve Dd N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	13.0	21.339	58.9	25.744	89.8	31.217	98.8	44.202	100.3	208.343	100.85
18.902	18.0	22.443	70.0	26.842	93.0	33.396	99.7	54.875	100.4		
19.678	33.5	23.544	79.2	27.938	95.2	35.570	100.0	106.799	100 75		
20.453	47.0	24.645	85.0	29.033	96.8	37.736	100.2	157.489	100.8		

Die Curve Dd N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	8.8	29.033	83.1	106.799	100.5
18.902	11.5	31.217	88.2	157.489	100.75
20.232	28.2	33.396	92.0	208.343	100.85
22.443	50.0	38.817	96.9		
24.645	64.9	44.202	98.9		
26.842	75.9	54.875	100.1		

Die Curve Dd N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.564	3.0	35.570	57.1	86.262	96.8
18.902	4.0	39.896	65.4	106.799	99.1
20.232	10.1	44.202	71.9	157.489	100.3
22.443	19.0	54.875	83.7	208.343	100.5
26.842	34.8	65.432	90.3		
31.217	47.3	75.890	94.8		

Die Curve De N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	66.8	23.544	77.8	28.922	103.1	34.267	101.9	54.875	100.9
18.902	82.0	24.315	78.0	29.689	99.9	35.027	101.6	106.799	100.9
19.678	142.6	25.085	87.2	30.453	97.9	35.871	100.9	157.489	100.9
20.453	173.2	25.854	99.3	31.217	98.1	36.546	100.9	208.343	100.9
21.228	156.7	26.622	106.9	31.980	99.2	37.303	100.7		
22.001	123.8	27.390	109.1	32.743	100.9	38.060	100.6		
22.773	95.2	28.157	107.1	33.505	101.6	38.817	100.8		

Max. und Min.

№	q
1	173.23
2	76.12
3	109.16
4	97.96
5	101.90
6	100.55

Die Curve De N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	55.3	25.524	92.0	33.396	100.2	54.875	100.8
18.902	73.0	26.842	102.6	34.702	100.9	106.799	100.9
20.232	154.7	28.157	104.8	36.004	100.9	157.489	100.9
21.560	141.6	29.479	102.2	37.303	100.75	208.343	100.9
22.883	101.7	30.781	99.9	38.601	100.7		
24.205	85.2	32.089	99.4	39.896	100.7		

Max. und Min.

№	q
1	158.31
2	85.30
3	104.88
4	99.36
5	100.96
6	100.69

Die Curve De N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.3	22.883	111.5	28.157	101.0	33.396	100.4
18.902	60.5	24.205	96.5	29.470	101.9	34.702	100.4
20.232	130.7	25.524	94.0	30.781	101.2	36.004	100.7
21.560	133.5	26.842	97.9	32.089	100.9		

Max. und Min.

№	q
1	138.61
2	93.93
3	101.89
4	100.32

Die Curve De N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.9	22.883	113.8	28.157	99.3	33.396	100.7
18.902	56.0	24.205	102.9	29.470	100.8	34.702	100.4
20.232	113.6	25.524	97.9	30.781	100.9	36.004	100.35
21.560	124.9	26.842	97.9	32.089	100.9	37.303	100.4

Max. und Min.

№	q
1	125.73
2	97.64
3	100.93
4	100.39

Die Curve De N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.1	21.560	112.9	25.524	101.9	29.470	99.9	33.396	100.7
18.902	41.4	22.883	112.0	26.842	99.9	30.781	100.5		
20.232	95.1	24.205	106.6	28.157	99.7	32.089	100.7		

Max. und Min.

N	q
1	113.81
2	99.72

Die Curve De N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	18.9	25.524	99.6	33.396	100.7
18.902	26.0	26.842	100.5		
20.232	58.8	28.157	100.85		
21.560	81.0	29.470	100.8		
22.883	92.0	30.781	100.7		
24.205	97.2	32.089	100.7		

Die Curve De N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	17.9	26.842	93.0	54.875	100.4
20.232	44.4	29.033	96.7	106.799	100.55
21.560	62.6	31.217	98.6	157.489	100.7
22.883	74.9	33.396	99.3	208.343	100.8
24.205	83.0	38.817	100.1		
25.524	89.0	44.202	100.3		

Die Curve De N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.1	29.033	83.1	54.875	100.15
20.232	28.3	31.217	88.3	106.799	100.6
22.443	50.0	33.396	92.0	157.489	100.75
24.645	64.9	38.817	96.9	208.343	100.9
26.842	75.9	44.202	98.8		

Die Curve De N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	4.3	35.570	60.4	75.890	95.9
20.232	11.2	39.896	68.9	86.262	97.9
22.443	20.9	44.202	75.1	106.799	99.6
26.842	37.4	54.875	86.1	157.489	100.65
31.217	50.3	65.432	92.4	208.343	100.75

Die Curve Df N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.1	30.781	47.0	43.772	90.9	56.571	108.9	69.207	110.3	81.708	103.8
18.902	82.0	32.089	56.1	45.160	70.0	57.841	92.0	70.463	103.9	82.951	105.9
20.232	187.1	33.396	116.6	46.346	87.0	59.110	85.3	71.717	94.1	84.193	102.1
21.560	174.1	34.702	151.4	47.631	118.8	60.377	97.9	72.970	93.6	85.435	96.9
22.883	77.0	36.004	123.7	48.913	125.8	61.643	112.3	74.221	100.9	86.675	96.9
24.205	18.8	37.303	71.5	50.193	105.1	62.907	112.1	75.473	107.3	87.914	101.0
25.524	63.2	38.601	59.7	51.473	81.0	64.170	98.9	76.723	106.0		
26.842	150.3	39.896	98.8	52.750	83.7	65.432	89.2	77.971	98.3		
28.157	166.4	41.189	134.0	54.025	106.3	66.692	94.7	79.217	94.8		
29.470	105.9	42.481	127.6	55.299	118.8	67.950	106.3	80.465	97.9		

Maxima und Minima der Curve Df N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	197.89	5	151.52	9	127.35	13	114.78	17	108.00
2	18.37	6	57.93	10	78.19	14	88.98	18	94.95
3	171.23	7	137.62	11	119.77	15	110.87	19	106.21
4	41.21	8	69.66	12	84.27	16	92.09	20	96.31

N:o 1.

Die Curve Df N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.3	25.524	69.1	33.396	101.3	41.189	107.8	48.913	105.3	56.571	102.8
18.902	72.4	26.842	121.8	34.702	118.8	42.481	109.1	50.193	102.9	57.841	100.9
20.232	166.2	28.157	138.3	36.004	112.7	43.772	101.6	51.473	98.9	59.110	99.3
21.560	165.2	29.470	110.9	37.303	95.2	45.160	94.9	52.750	97.9		
22.883	95.1	30.781	79.8	38.601	87.8	46.346	96.6	54.025	100.2		
24.205	47.0	32.089	78.0	39.896	96.6	47.631	102.0	55.299	102.9		

Maxima und Minima der Curve Df N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	178.72	3	138.71	5	119.50	7	109.85	9	105.21	11	102.97
2	46.08	4	74.03	6	87.60	8	94.25	10	97.73	12	99.12

Die Curve Df N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	45.1	24.205	77.9	30.781	98.2	37.303	101.4
18.902	60.9	25.524	81.1	32.089	94.4	38.601	99.6
20.232	138.9	26.842	102.6	33.396	98.4	39.896	99.8
21.560	148.5	28.157	112.9	34.702	102.7	41.189	100.9
22.883	108.9	29.470	107.9	36.004	103.4		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	152.48	6	99.19
2	75.09		
3	112.90		
4	94.75		
5	103.87		

Die Curve Df N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.3	22.883	112.9	28.157	103.5	33.396	99.6
18.902	50.0	24.205	93.0	29.470	103.9	34.702	100.3
20.232	119.3	25.524	89.8	30.781	101.5		
21.560	133.8	26.842	96.8	32.089	99.6		

Max. und Min.

№	q
1	135.01
2	89.08
3	104.59
4	99.29

Die Curve Df N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.0	21.560	118.0	25.524	97.9	29.470	101.1	33.396	100.8
18.902	41.7	22.883	112.5	26.842	98.1	30.781	101.0		
20.232	97.9	24.205	102.6	28.157	100.0	32.089	100.9		

Max. und Min.

№	q
1	117.98
2	97.66
3	101.11

Die Curve Df N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.567	23.0	24.206	102.8	30.781	100.5
18.902	31.0	25.524	101.3	32.089	100.5
20.232	74.7	26.842	100.8	Max. und Min.	
21.560	96.9	28.157	100.3		
22.883	102.9	29.470	100.4	1	103.03
				2	100.32

Die Curve Df N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	19.2	24.205	96.9	33.396	100.45
18.902	25.9	25.524	98.9	54.875	100.65
20.232	60.0	26.842	99.9	106.799	100.75
21.560	82.8	28.157	100.1	157.489	100.8
22.883	92.6	29.470	100.15	208.343	100.85

Die Curve Df N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	11.5	25.524	83.5	44.202	100.3
18.902	15.5	26.842	88.1	54.875	100.4
20.232	39.0	29.033	93.2	106.799	100.65
21.560	56.0	31.217	96.1	157.489	100.75
22.883	68.1	33.396	97.9	208.343	100.8
24.205	77.0	38.817	99.9		

Die Curve Df N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.564	9.0	29.033	83.2	81.086	100.4
18.902	12.0	31.217	88.3	106.799	100.55
20.232	29.6	33.396	91.9	157.489	100.75
22.443	50.3	38.817	96.8	208.343	100.85
24.645	65.1	44.202	98.8		
26.842	76.0	54.875	100.1		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung E. (Ladungscurven).

Abth. E. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ea N 1.	0.59	27.43	1.51	1 Acc.	510.7	100.92	480	18°.6
Ea N 2.	31.00	27.40	1.50	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ea № 3.	64.01	27.41	1.50	1 Acc.	510.6	100.90	480	17°.6
Eb № 1.	0.59	52.33	1.50	1 Acc.	510.6	100.90	480	17°.7
Eb № 2.	31.00	52.32	1.50	1 Acc.	510.6	100.92	480	17°.4
Eb № 3.	64.01	52.31	1.50	1 Acc.	510.6	100.90	480	17°.0

Die Curve Ea N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	64.8	26.842	138.7	35.353	76.6	43.772	105.6	52.112	94.2	60.376	102.0
18.902	81.7	27.500	118.8	36.004	84.5	44.417	116.8	52.750	88.7	61.011	109.0
19.567	139.6	28.157	76.1	36.654	114.8	45.060	103.3	53.388	97.1	61.643	105.8
20.232	143.6	28.814	68.0	37.303	125.1	45.703	84.8	54.025	110.9	62.275	95.4
20.896	100.3	29.470	102.9	37.952	109.6	46.346	92.7	54.663	111.5	62.906	92.9
21.560	54.9	30.126	131.7	38.601	87.8	46.989	107.3	55.299	99.0	63.538	100.9
22.222	72.2	30.781	125.5	39.249	81.7	47.631	116.5	55.936	90.4	64.170	107.2
22.883	125.5	31.435	88.2	39.896	104.1	48.272	107.0	56.571	94.7	64.801	107.4
23.544	143.5	32.089	70.9	40.543	120.8	48.913	89.6	57.206	107.9	65.432	99.9
24.205	108.7	32.743	91.9	41.189	114.3	49.553	89.5	57.841	111.2		
24.865	65.8	33.396	122.4	41.835	93.8	50.193	101.8	58.476	103.1		
25.524	67.7	34.049	126.7	42.481	81.7	50.833	114.0	59.110	93.0		
26.183	114.1	34.701	98.3	43.127	95.7	51.473	109.2	59.743	93.0		

Maxima und Minima der Curve Ea N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	151.56	6	65.86	11	125.10	16	84.00	21	112.53	26	92.89
2	53.85	7	133.72	12	78.25	17	116.68	22	89.98	27	108.13
3	144.55	8	70.46	13	121.75	18	86.20	23	111.01		
4	60.20	9	128.87	14	81.25	19	114.11	24	91.20		
5	138.54	10	74.66	15	118.78	20	88.16	25	109.65		

Die Curve Ea N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.1	22.222	78.8	26.183	103.7	30.126	108.4	34.049	106.0	37.952	102.7
18.902	81.2	22.883	111.7	26.842	115.8	30.781	108.2	34.701	101.9	38.601	99.9
19.567	132.7	23.544	126.0	27.500	109.6	31.435	98.9	35.353	97.6	39.249	98.4
20.232	139.3	24.205	107.9	28.157	94.3	32.089	94.2	36.004	97.7	39.896	100.2
20.896	103.6	24.865	84.3	28.814	89.1	32.743	97.7	36.654	101.7		
21.560	68.4	25.524	83.5	29.470	97.1	33.396	103.9	37.303	103.9		

Maxima und Minima der Curve Ea N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	143.89	3	126.65	5	115.91	7	109.85	9	106.15	11	104.12
2	68.00	4	81.29	6	89.15	8	93.96	10	96.94	12	98.36

Die Curve Ea N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.8	21.560	79.0	24.865	94.8	28.157	99.9
18.902	71.2	22.222	83.1	25.524	92.4	28.814	97.6
19.567	123.7	22.883	105.9	26.183	99.3	29.470	99.1
20.232	135.3	23.544	115.1	26.842	106.1	30.126	102.5
20.896	107.6	24.205	106.7	27.500	104.9		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	137.23	6	97.24
2	78.02		
3	115.11		
4	91.97		
5	106.71		

Die Curve Eb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.8	21.560	55.5	24.865	65.0	28.157	77.0	31.435	88.4	34.701	101.1
18.902	82.7	22.222	72.7	25.524	69.6	28.814	69.1	32.089	72.8	35.353	78.4
19.567	136.7	22.883	125.2	26.183	111.0	29.470	96.9	32.743	92.8	36.004	84.8
20.232	145.5	23.544	142.6	26.842	137.3	30.126	129.6	33.396	120.4	36.654	111.7
20.896	100.7	24.205	107.7	27.500	119.9	30.781	123.7	34.049	125.6	37.303	123.1

N.o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
37.952	109.8	41.835	94.9	45.703	87.0	49.553	90.4	53.388	98.0	57.206	104.7
38.601	87.9	42.481	83.4	46.346	91.2	50.193	101.9	54.025	108.7	57.841	109.0
39.249	83.0	43.127	94.8	46.989	108.0	50.833	111.8	54.663	108.9	58.476	103.2
39.896	101.3	43.772	112.8	47.631	114.0	51.473	108.9	55.299	100.2	59.110	94.9
40.543	118.2	44.417	113.8	48.272	106.8	52.112	94.9	55.936	92.0	59.743	94.0
41.189	112.7	45.060	102.1	48.913	91.0	52.750	90.2	56.571	95.6		

Maxima und Minima der Curve Eb N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	151.48	5	137.62	9	127.02	13	119.80	17	114.28	21	110.74
2	54.95	6	67.80	10	76.89	14	83.44	18	88.06	22	91.97
3	143.63	7	131.84	11	123.14	15	116.99	19	112.30	23	109.06
4	61.96	8	72.83	12	80.25	16	86.00	20	90.11	24	93.13

Die Curve Eb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.0	21.560	68.9	24.865	84.7	28.157	94.4	31.435	99.4	34.701	101.6
18.902	76.9	22.222	81.7	25.524	85.1	28.814	90.5	32.089	94.9	35.353	97.8
19.567	133.5	22.883	114.6	26.183	103.3	29.470	98.8	32.743	98.1	36.004	97.9
20.232	138.6	23.544	125.7	26.842	115.8	30.126	108.3	33.396	104.3	36.654	101.9
20.896	99.7	24.205	107.6	27.500	108.1	30.781	107.9	34.049	105.3		

Maxima und Minima der Curve Eb N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	144.42	3	126.42	5	115.81	7	109.72	9	105.98
2	68.43	4	82.02	6	89.98	8	94.55	10	97.21

Die Curve Eb N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.4	21.560	79.2	24.865	94.1	28.157	99.1
18.902	78.3	22.222	93.0	25.524	93.0	28.814	97.6
19.567	124.5	22.883	109.9	26.183	100.6	29.470	99.3
20.232	132.6	23.544	114.8	26.845	106.0	30.126	102.6
20.896	102.4	24.205	105.9	27.500	104.3		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	137.30	6	97.87
2	78.95		
3	114.84		
4	92.64		
5	106.55		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung F. (Ladungscurven).

Abth. F. $C = 1.0119$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
F № 1.	0.59	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.58	1100	19°.3
F № 2.	64.04	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.61	1100	19°.6
F № 3.	181.31	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.55	1100	19°.5
F № 4.	299.27	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.62	1100	19°.5
F № 5.	486.93	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.53	1100	19°.5
F № 6.	808.85	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.52	1100	19°.5
F № 7.	3082.3	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.54	1100	19°.5
F № 8.	10081.5	2.87	1.52	1 Acc.	510.8	100.54	1100	19°.5

Die Curve F N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.3	20.675	50.0	22.884	80.4	25.085	118.0	27.280	137.1	29.470	137.1
18.902	73.2	21.118	40.6	23.325	46.9	25.524	64.2	27.819	99.4	29.907	116.7
19.346	148.1	21.560	104.6	23.765	76.0	25.964	59.4	28.157	61.3	30.344	81.2
19.789	168.6	22.001	152 0	24.206	123.8	26.403	94.4	28.595	72.3	30.781	67.6
20.232	115.0	22.443	136.9	24.645	151.2	26.842	141.9	29.033	117.3	31.217	97.4

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
31.653	124.2	35.136	90.7	38.601	95.9	42.052	108.9	45.489	90.5	48.913	110.1
32.090	130.2	35.570	76.4	39.033	118.4	42.482	92.2	45.917	100.2	49.339	106.8
32.525	98.4	36.004	88.2	39.464	117.1	42.913	85.8	46.346	111.4	49.767	93.7
32.961	73.7	36.437	110.4	39.896	98.1	43.342	96.0	46.775	109.1	50.194	92.1
33.397	79.2	36.871	122.7	40.328	83.5	43.772	109.6	47.203	99.8	50.620	100.1
33.832	107.0	37.304	108.1	40.759	87.7	44.202	113.1	47.631	90.2		
34.267	125.0	37.737	85.5	41.190	106.9	44.630	103.5	48.058	93.3		
34.701	117.9	38.168	82.2	41.621	116.5	45.060	91.2	48.486	104.4		

Maxima und Minima der Curve F N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	171.44	6	53.67	11	131.63	16	80.19	21	114.05	26	91.39
2	35.20	7	143.86	12	72.30	17	119.22	22	88.17		
3	160.67	8	60.90	13	126.96	18	83.09	23	112.06		
4	45.40	9	137.18	14	76.33	19	116.72	24	90.16		
5	151.51	10	66.83	15	122.99	20	85.87	25	110.27		

Die Curve F N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.0	21.118	64.2	23.765	89.4	26.403	97.1	29.033	100.6	31.653	101.1
18.902	58.2	21.560	97.5	24.206	104.1	26.842	104.9	29.470	103.1		
19.346	128.9	22.001	120.0	24.645	113.2	27.280	106.3	29.907	103.0		
19.789	154.8	22.443	123.0	25.085	108.5	27.819	101.9	30.344	100.0		
20.232	118.7	22.884	99.3	25.524	97.9	28.157	97.0	30.781	98.2		
20.675	77.2	23.325	83.8	25.964	91.4	28.595	96.5	31.217	99.1		

Maxima und Minima der Curve F N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	154.74	3	126.99	5	113.35	7	106.89	9	103.50
2	63.20	4	82.16	6	91.37	8	96.14	10	98.33

Die Curve F N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	28.2	21.118	87.2	23.765	98.1	26.403	100.1
18.902	47.2	21.560	93.3	24.206	99.1	26.842	100.3
19.346	106.1	22.001	102.8	24.645	101.0		
19.789	131.3	22.443	106.1	25.085	101.2		
20.232	121.0	22.884	102.8	25.524	100.8		
20.675	96.8	23.325	99.5	25.964	100.1		

Max und Min.

№	q
1	132.43
2	87.17
3	106.06
4	98.13
5	101.31
6	100.10

Die Curve F N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	23.2	20.232	115.0	22.001	99.1	23.765	100.1
18.902	39.8	20.675	104.0	22.443	101.1	24.206	100.1
19.346	87.2	21.118	97.6	22.884	101.1	24.645	100.1
19.789	115.3	21.560	96.8	23.325	100.9	25.085	100.3

Max. und Min.

№	q
1	118.22
2	96.31
3	101.21
4	100.12

Die Curve F N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	18.3	20.232	105.3	22.001	99.7	23.765	100.1	157.489	100.25
18.902	33.6	20.675	104.1	22.443	99.9	33.396	100.1	208.343	100.35
19.346	73.2	21.118	101.6	22.884	100.1	54.875	100.2		
19.789	96.4	21.560	100.0	23.325	100.1	106.799	100.3		

Max. und Min.

№	q
1	105.39
2	99.72

Die Curve F N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	13.7	19.789	76.7	22.443	99.9	33.396	100.1	157.489	100.25
18.902	23.3	20.232	89.9	24.645	100.05	54.875	100.15	208.343	100.3
19.346	56.9	21.339	98.4	26.842	100.1	106.799	100.2		

N:o 1.

Die Curve F N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	9.5	23.544	78.9	44.202	100.1
19.567	25.9	24.645	85.2	54.875	100.1
20.232	40.4	26.842	92.7	106.799	100.2
21.339	58.2	29.033	96.3	157.489	100.25
22.443	71.2	33.396	99.0	208.343	100.3

Die Curve F N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	3.0	35.570	80.9	86.262	100.05
20.232	14.8	39.896	87.2	106.799	100.1
22.443	31.3	44.202	91.9	157.489	100.2
26.842	55.1	54.875	97.1	208.343	100.25
31.217	70.6	65.432	99.05		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung G. (Ladungscurven).

Abth. G. $C = 0.5071$ Mikrof. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.1926$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
G № 1.	0.59	2.86	1.51	1 Acc.	510.7	107.93	3500	18°.8
G № 2.	64.04	2.87	1.51	1 Acc.	510.8	107.85	3500	19°.3

Die Curve G N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	13.2	22.222	33.0	25.854	92.7	29.470	105.4	33.069	117.5	36.654	119.3
18.902	41.9	22.553	123.2	26.183	137.3	29.798	131.2	33.396	125.5	36.979	115.2
19.235	131.4	22.887	172.2	26.513	150.4	30.126	124.7	33.722	110.6	37.303	104.3
19.567	213.2	23.214	163.7	26.842	105.8	30.453	93.8	34.049	93.3	37.628	97.7
19.900	129.1	23.544	81.9	27.171	72.2	30.781	82.4	34.375	93.1	37.952	104.6
20.232	21.6	23.874	51.5	27.500	76.5	31.108	94.7	34.701	113.2	38.277	114.5
20.564	38.0	24.205	90.9	27.828	114.3	31.435	129.0	35.027	122.4	38.601	117.3
20.896	114.7	24.535	151.1	28.157	142.6	31.762	126.8	35.353	114.3	38.925	108.5
21.228	190.5	24.865	151.4	28.485	117.6	32.089	106.6	35.678	97.7	39.249	99.6
21.560	137.3	25.195	102.3	28.814	85.8	32.416	87.7	36.004	95.0	39.572	101.3
21.891	64.7	25.524	59.2	29.142	78.8	32.743	95.1	36.329	105.0	39.896	110.9

Maxima und Minima der Curve G N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	214.38	5	176.47	9	152.15	13	136.35	17	126.39	21	119.66
2	12.77	6	46.66	10	68.27	14	82.45	18	91.57	22	97.26
3	192.44	7	162.24	11	142.88	15	130.68	19	122.46	23	117.41
4	31.67	8	58.66	12	76.10	16	87.23	20	94.65	24	99.31

Die Curve G N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	16.0	20.564	56.2	22.553	105.2	24.535	113.5	26.513	114.9	28.485	110.7
18.902	38.1	20.896	104.4	22.887	130.6	24.865	120.5	26.842	110.1	28.814	107.3
19.235	134.0	21.228	152.7	23.214	129.7	25.195	109.6	27.171	103.5	29.142	104.8
19.567	192.5	21.560	132.3	23.544	101.4	25.524	99.6	27.500	102.6	29.470	106.7
19.900	129.1	21.891	92.6	23.874	89.3	25.854	101.1	27.828	107.3	29.798	109 0
20.232	54.1	22.222	73.7	24.205	97.2	26.183	109.6	28.157	111.6		

Maxima und Minima der Curve G N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	192.57	3	153.10	5	132.56	7	121.31	9	115.41	11	111.77
2	45.20	4	73.68	6	89.24	8	97.69	10	102.55	12	104.73

XIII.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	2.10	1.51	∞	1 Acc.	510.8	100.81	480	19°.4
Aa № 2.	2.10	1.51	7000.7	1 Acc.	510.8	100.74	480	19°.4
Aa № 3.	2.09	1.50	874.9	1 Acc.	510.7	100.64	480	18°.0
Aa № 4.	2.09	1.50	288.58	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.2
Aa № 5.	2.09	1.50	49.48	1 Acc.	510.7	100.66	480	18°.4
Ab № 1.	65.51	1.51	7000.2	1 Acc.	510.8	100.66	480	19°.0
Ab № 2.	65.50	1.50	874.9	1 Acc.	510.7	100.72	480	17°.9
Ab № 3.	65.51	1.51	288.64	1 Acc.	510.8	100.67	480	18°.9
Ab № 4.	65.51	1.51	49.49	1 Acc.	510.8	100.71	480	19°.0

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.4	26.842	154.5	36.654	145.7	46.346	58.4	55.936	76.7	65.432	137.3
18.902	77.0	27.938	71.0	37.736	157.3	47.417	116.7	56.995	55.9	66.482	99.9
19.124	102.1	29.033	29.1	38.817	98.8	48.486	152.5	58.053	93.3	67.531	65.0
20.232	179.5	30.126	85.4	39.896	44.0	49.553	121.2	59.110	136.8	68.579	74.7
21.339	149.2	31.217	159.4	40.974	61.0	50.620	63.9	60.166	135.9	69.626	114.9
22.443	54.8	32.307	157.7	42.051	130.7	51.686	56.4	61.221	88.7	70.672	136.1
23.544	24.1	33.396	85.2	43.127	156.4	52.750	102.8	62.275	59.7	71.717	111.8
24.645	97.9	34.484	35.0	44.202	112.0	53.813	145.3	63.328	82.1	72.761	75.0
25.744	168.6	35.570	70.0	45.275	55.9	54.875	130.9	64.380	128.7	73.804	70.0

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
74.847	102.6	81.086	123.4	87.295	127.2	93.478	118.1	99.636	104.9	105.777	91.1
75.890	131.7	82.122	126.7	88.327	108.9	94.507	92.0	100.660	83.0	106.799	81.0
76.931	123.0	83.158	97.8	89.358	80.3	95.534	77.0	101.684	82.3	107.820	93.9
77.971	87.1	84.193	73.0	90.388	77.2	96.560	90.0	102.708	103.7	108.841	113.9
79.009	69.5	85.228	81.5	91.418	100.9	97.586	114.8	103.731	102.9		
80.048	92.2	86.262	112.3	92.448	123.8	98.611	121.9	104.754	112.9		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	183.39	7	163.35	13	147.90	19	136.63	25	127.82	31	121.06
2	21.53	8	41.01	14	55.53	20	66.26	26	74.86	32	81.05
3	175.52	9	157.42	15	143.79	21	133.19	27	125.46		
4	28.88	10	46.31	16	59.70	22	69.56	28	76.95		
5	169.28	11	152.55	17	139.87	23	130.52	29	122.82		
6	35.01	12	51.09	18	62.95	24	72.23	30	79.12		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.3	29.033	34.9	40.974	71.0	52.750	103.1	64.380	118.1	75.890	120.1
18.902	81.1	30.126	81.8	42.051	123.5	53.813	133.6	65.432	125.7	76.931	113.6
19.124	101.0	31.217	151.6	43.127	146.1	54.875	122.7	66.482	101.6	77.971	90.6
20.232	178.5	32.307	149.3	44.202	110.7	55.936	83.9	67.531	77.2	79.009	82.0
21.339	148.5	33.396	83.1	45.275	62.7	56.995	68.7	68.579	85.0	80.048	95.0
22.443	56.0	34.484	43.4	46.346	66.5	58.053	96.5	69.626	110.8	81.086	114.6
23.544	26.9	35.570	74.9	47.417	110.8	59.110	127.5	70.672	123.3		
24.645	92.3	36.654	135.8	48.486	140.7	60.166	124.8	71.717	106.7		
25.744	165.3	37.736	150.4	49.553	117.3	61.221	93.1	72.761	83.2		
26.842	150.3	38.817	97.7	50.620	73.5	62.275	72.2	73.804	82.2		
27.938	69.0	39.896	52.8	51.686	65.5	63.328	90.3	74.847	103.2		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	182.10	5	162.13	9	146.90	13	135.67	17	126.71	21	120.20
2	24.57	6	43.18	10	57.06	14	67.93	18	76.03	22	81.91
3	171.24	7	153.47	11	140.59	15	131.05	19	123.15		
4	34.21	8	50.92	12	62.96	16	72.10	20	79.09		

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.7	24.645	95.9	32.307	121.6	36.896	86.0	47.417	103.8	54.875	102.1
18.902	82.0	25.744	143.8	33.396	92.0	40.974	93.3	48.486	107.6	55.936	98.0
19.124	102.0	26.842	128.8	34.484	77.3	42.051	107.9	49.553	102.0	56.995	97.0
20.232	174.5	27.938	80.0	35.570	93.4	43.127	110.8	50.620	95.8	58.053	100.7
21.339	127.5	29.033	63.9	36.654	114.1	44.202	100.4	51.686	96.0		
22.443	61.7	30.126	94.1	37.736	115.7	45.275	92.0	52.750	101.1		
23.544	43.0	31.217	125.3	38.817	97.9	46.346	94.3	53.813	104.9		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	176.26	4	63.10	7	118.78	10	91.34	13	104.88
2	40.61	5	129.69	8	86.00	11	107.61	14	96.94
3	147.76	6	77.09	9	111.86	12	94.92		

Die Curve Aa N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.7	21.339	126.9	25.744	121.8	30.126	103.9	34.484	98.2	38.817	99.3
18.902	81.0	22.443	69.6	26.842	105.9	31.217	106.9	35.570	101.9	39.896	99.9
19.124	101.2	23.544	71.2	27.938	89.3	32.307	101.2	36.654	102.3	40.974	101.0
20.233	168.3	24.645	107.2	29.033	92.6	33.396	96.9	37.736	100.4		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	168.91	3	121.75	5	107.01	7	102.67
2	62.33	4	88.39	6	96.84	8	99.19

Die Curve Aa N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	62.7	22.443	67.0	27.938	115.1	33.396	101.0	38.817	97.1	44.202	101.9
18.902	80.5	23.544	117.5	29.033	108.6	34.484	94.0	39.896	102.1		
19.124	105.9	24.645	127.2	30.126	89.7	35.570	101.2	40.974	102.1		
20.232	159.8	25.744	87.2	31.217	97.9	36.654	105.2	42.051	99.0		
21.339	96.2	26.842	87.3	32.307	109.8	37.736	98.9	43.127	99.2		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	160.47	3	132.20	5	117.79	7	109.85	9	105.58	11	103.36
2	64.93	4	80.02	6	88.98	8	94.02	10	96.94	12	98.33

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.5	22.443	80.9	27.938	93.8	33.396	101.9	38.817	102.9	44.202	102.9
18.902	71.0	23.544	54.7	29.033	75.5	34.484	87.4	39.896	94.3	45.275	97.9
19.124	91.8	24.645	88.0	30.126	89.2	35.570	92.7	40.974	94.2	46.346	96.9
20.232	159.4	25.744	129.7	31.217	114.1	36.654	105.8	42.051	101.5	47.417	99.9
21.339	143.6	26.842	127.7	32.307	117.3	37.736	109.9	43.127	105.9	48.486	102.9

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	164.21	3	134.64	5	118.78	7	110.42	9	105.91
2	53.75	4	75.15	6	86.99	8	93.19	10	96.57

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.7	22.443	84.1	27.938	96.9	33.396	101.6	38.817	101.8
18.902	71.0	23.544	64.7	29.033	86.7	34.484	95.4	39.896	98.9
19.124	92.0	24.645	89.0	30.126	94.0	35.570	96.9	40.974	98.9
20.232	156.8	25.744	119.8	31.217	106.9	36.654	101.9	42.051	101.0
21.339	136.6	26.842	117.8	32.307	108.7	37.736	103.9		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	159.63	3	122.92	5	109.12	7	103.89
2	64.03	4	86.50	6	94.88	8	98.30

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	55.6	22.443	87.1	27.938	98.6	33.396	100.2
18.902	71.1	23.544	79.9	29.033	96.8	34.484	99.9
19.124	92.8	24.645	96.9	30.126	99.7	35.570	100.2
20.232	151.6	25.744	109.0	31.217	101.9	36.654	100.9
21.339	130.0	26.842	105.9	32.307	101.7		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	153.10	6	99.98
2	78.32		
3	109.58		
4	96.74		
5	101.94		

Die Curve Ab N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.9	21.339	108.4	25.744	99.9	30.126	99.9
18.902	74.5	22.443	84.2	26.842	96.9	31.217	98.8
19.124	93.7	23.544	105.6	27.938	102.9	32.307	101.8
20.232	145.5	24.645	111.8	29.033	103.2		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	136.66	5	101.14
2	86.00	6	99.92
3	105.88		
4	97.93		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1932$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	Identisch mit der Curve Aa № 3.							
B № 2.	Identisch mit der Curve Ab № 2.							
B № 3.	182.21	1.51	875.0	1 Acc.	510.7	100.68	480	18°.4
B № 4.	300.73	1.51	875.0	1 Acc.	510.7	100.67	480	18°.6
B № 5.	487.77	1.51	875.0	1 Acc.	510.7	100.62	480	18°.7
B № 6.	809.7	1.51	875.1	1 Acc.	510.8	100.61	480	18°.9
B № 7.	3083.5	1.51	875.1	1 Acc.	510.8	100.65	480	19°.0
B № 8.	9209.7	1.51	875.1	1 Acc.	510.8	100.63	480	19°.0

Die Curve B N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.6	23.544	86.4	30.126	98.3	36.654	100.0
18.902	59.0	24.645	91.0	31.217	99.9	37.736	100.4
19.124	77.9	25.744	101.9	32.307	101.1	38.817	100.5
20.232	132.7	26.842	105.9	33.396	101.0		
21.339	129.8	27.938	102.9	34.484	100.3		
22.443	102.8	29.033	99.0	35.570	99.9		

Max. und Min.

№	q
1	136.66
2	86.00
3	105.88
4	97.93
5	101.14
6	99.92

N.o 1.

Die Curve B N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	37.6	21.339	121.4	25.744	98.6	30.126	99.9
18.902	50.7	22.443	106.9	26.842	101.1	31.217	99.9
19.124	65.0	23.544	96.6	27.938	101.3	32.307	100.3
20.232	114.2	24.645	95.3	29.033	100.7	33.396	100.5

Max. und Min.

№	q
1	122.75
2	94.92
3	101.61
4	99.89

Die Curve B N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	31.0	21.339	108.9	25.744	99.3	30.126	100.4
18.902	39.8	22.443	107.0	26.842	99.9	31.217	100.3
19.124	53.9	23.544	102.0	27.938	100.1	32.307	100.2
20.232	93.7	24.645	99.8	29.033	100.4	33.396	100.2

Max. und Min.

№	q
1	109.12
2	99.35
3	100.39

Die Curve B N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.902	32.0	21.339	89.3	24.645	100.0	29.033	100.0	54.875	100.1	208.343	100.2
19.124	40.3	22.443	97.1	25.744	100.15	31.217	99.95	106.799	100.15		
20.232	72.4	23.544	99.5	26.842	100.1	33.396	100.0	157.489	100.2		

Die Curve B N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.4	29.033	82.3	106.799	100.15
20.232	28.4	33.396	91.2	157.489	100.2
22.443	50.0	38.817	96.3	208.343	100.25
24.645	64.3	44.202	98.4		
26.842	75.0	54.875	99.9		

Die Curve B N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	4.0	35.570	60.2	75.890	95.6
20.232	10.9	39.896	68.3	86.262	97.6
22.443	22.5	44.202	75.0	106.799	99 3
26.842	37.0	54.875	86.0	157.489	100.0
31.217	50.0	65.432	92.0	208.343	100.3

XIX.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = +0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	1.51	1.38	0.59	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.1
Aa № 2.	1.51	1.38	31.01	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Aa № 3.	1.51	1.38	64.04	1 Acc.	510.8	100.91	480	18°.9
Aa № 4.	1.51	1.38	181.30	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.8
Aa № 5.	1.51	1.38	299.25	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.5
Aa № 6.	1.51	1.38	486.92	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.5
Aa № 7.	1.51	1.38	3082.6	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.5
Aa № 8.	1.51	1.38	10080.0	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.6
Ab № 1.	1.51	50.87	0.59	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.0
Ab № 2.	1.51	50.87	31.01	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.1
Ac № 1.	1.51	290.03	0.59	1 Acc.	510.8	100.92	480	19°.1
Ac № 2.	1.51	290.03	31.01	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.2
Ad № 1.	1.51	876.4	0.59	1 Acc.	510.8	100.91	480	19°.1
Ad № 2.	1.51	876.4	31.01	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.8
Ae № 1.	1.51	6999.9	0.59	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.6
Ae № 2.	1.51	6999.9	31.01	1 Acc.	510.7	100.91	480	18°.5

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.0	25.524	70.9	32.743	93.0	39.896	106.9	46.989	111.0	54.025	111.2
18.902	81.8	26.183	111.2	33.396	123.2	40.543	120.6	47.631	112.9	54.663	106.9
19.567	135.8	26.842	137.6	34.049	123.1	41.189	108.8	48.272	100.8	55.299	95.9
20.232	142.3	27.500	113.0	34.701	96.6	41.836	88.5	48.913	88.4	55.936	92.0
20.896	98.0	28.157	75.8	35.353	76.1	42.481	83.7	49.553	94.2	56.571	98.9
21.560	55.0	28.814	69.2	36.004	87.0	43.127	99.8	50.193	107.6	57.207	108.6
22.222	69.0	29.470	100.9	36.654	115.2	43.772	116.8	50.833	112.8	57.841	107.8
22.883	121.8	30.126	131.4	37.303	123.2	44.417	112.5	51.473	102.9	58.476	98.7
23.544	140.6	30.781	123.5	37.952	104.7	45.060	94.7	52.112	90.8	59.110	92.7
24.205	107.7	31.435	85.9	38.601	82.8	45.703	85.3	52.750	92.0	59.744	96.9
24.865	64.0	32.089	72.0	39.249	86.1	46.346	96.8	53.388	103.0	60.377	105.2

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	150.96	5	137.62	9	127.71	13	120.64	17	115.34	21	111.31
2	54.86	6	67.16	10	76.12	14	82.98	18	87.69	22	90.97
3	143.56	7	131.94	11	123.74	15	117.76	19	113.03	23	109.85
4	61.26	8	72.03	12	79.85	16	85.23	20	89.48	24	92.36

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.2	22.222	76.2	26.183	104.6	30.126	108.6	34.049	105.3	37.952	101.9
18.902	74.2	22.883	112.0	26.842	115.5	30.781	107.3	34.701	100.9	38.601	99.3
19.567	128.0	23.544	125.7	27.500	109.9	31.435	98.8	35.353	97.2	39.249	98.8
20.232	139.8	24.205	108.2	28.157	93.6	32.089	94.3	36.004	97.9	39.896	100.8
20.896	105.7	24.865	85.0	28.814	90.0	32.743	97.9	36.654	102.2		
21.560	69.1	25.524	84.2	29.470	98.9	33.396	104.1	37.303	103.7		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	143.49	3	125.75	5	115.74	7	109.02	9	105.88	11	103.76
2	68.03	4	81.71	6	89.78	8	94.02	10	96.94	12	98.26

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	53.9	20.896	108.6	23.544	114.8	26.183	100.0	28 814	97.4	31.435	101.0
18.902	73.2	21.560	80.0	24.205	107.8	26.842	106.0	29.470	99.1	32.089	99.6
19.567	122.7	22.222	83.2	24.865	94.4	27.500	104.7	30.126	102.3	32.743	99.9
20.232	133.3	22,883	104.5	25.524	92.8	28.157	99.9	30.781	102.9	33.396	101.0

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	136.63	3	114.84	5	106.18	7	102.90
2	78.39	4	91.97	6	97.41	8	99.59

Die Curve Aa N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.7	20.896	111.6	23.544	101.7	26.183	100.4
18.902	59.0	21.560	98.2	24.205	102.0	26.842	100.9
19.567	101.9	22.222	95.9	24.865	101.1		
20.232	118.3	22.883	98.6	25.524	100.4		

Max. und Min.

№	q
1	118.28
2	95.88
3	102.02
4	100.14

Die Curve Aa N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	37.6	21.560	102.7	24.865	100.9
18.902	47.5	22.222	100.9	Max. und Min.	
19.567	87.0	22.883	99.9	x	q
20.232	105.1	23.544	100.3		
20.896	106.9	24.205	100.5	1	107.08
				2	99.91

Die Curve Aa N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.564	30.8	21.560	99.9	33.396	100.75
18.902	41.5	22.222	100.5	54.875	100.75
19.567	69.8	22.883	100.65	106.799	100.8
20.232	89.9	23.544	100.7	157.489	100.85
20.896	96.9	27.938	100.7	208.343	100.85

Die Curve Aa N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.564	8.4	26.842	75.0	54.875	100.1
18.902	11.1	29.033	82.4	106.799	100.45
20.232	28.3	33.396	91.6	157.489	100.65
22.443	49.5	38.817	96.6	208.343	100.8
24.645	64.0	44.202	98.7		

Die Curve Aa N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.564	3.8	35.570	57.1	75.890	94.4
20.232	10.0	39.896	65.2	86.262	96.8
22.443	19.0	44.202	72.0	106.799	99.1
26.842	34.4	54.875	83.7	157.489	100.4
31.217	47.0	65.432	90.3	208.343	100.6

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.5	22.883	114.3	27.500	114.1	32.089	91.0	36.654	100.9	41.189	104.6
18.902	78.8	23.544	132.7	28.157	94.3	32.743	93.1	37.303	106.2	41.836	101.8
19.567	137.3	24.205	114.0	28.814	84.0	33.396	104.1	37.952	104.9	42.481	98.2
20.232	145.7	24.865	82.7	29.470	94.0	34.049	109.9	38.601	99.7	43.127	98.3
20.896	104.9	25.524	77.1	30.126	110.9	34.701	103.9	39.249	96.1	43.772	101.4
21.560	65.0	26.183	92.7	30.781	113.3	35.353	95.8	39.896	98.3		
22.222	72.7	26.842	120.8	31.435	99.6	36.004	94.0	40.543	103.0		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	152.08	4	75.30	7	114.54	10	93.69	13	104.59
2	62.66	5	121.65	8	89.98	11	106.68	14	97.86
3	132.66	6	84.00	9	109.85	12	96.01		

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.2	20.896	111.8	23.544	119.5	26.183	98.9	28.814	95.3	31.435	101.5
18.902	75.0	21.560	76.5	24.205	110.1	26.842	108.1	29.470	97.7	32.089	98.9
19.567	129.4	22.222	78.0	24.865	94.0	27.500	107.6	30.126	102.9	32.743	98.8
20.232	140.8	22.883	103.3	25.524	89.0	28.157	100.4	30.781	104.3	33.396	100.9

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	141.52	3	119.57	5	108.95	7	104.72
2	74.43	4	88.66	6	95.28	8	98.30

Die Curve Ac N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.8	22.883	89.7	27.500	116.9	32.089	112.8	36.654	101.6	41.189	97.2
18.902	77.4	23.544	127.5	28.157	119.3	32.743	101.9	37.303	95.8	41.836	97.1
19.567	133.7	24.205	133.7	28.814	104.6	33.396	92.1	37.952	95.2	42.481	100.1
20.232	151.6	24.865	106.9	29.470	87.2	34.049	91.7	38.601	99.9	43.127	103.5
20.896	118.8	25.524	80.1	30.126	86.0	34.701	100.2	39.249	105.2		
21.560	68.8	26.183	76.0	30.781	97.2	35.353	107.7	39.896	105.1		
22.222	58.5	26.842	96.9	31.435	112.0	36.004	108.0	40.543	101.1		

Maxima und Minima der Curve Ac N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	155.48	3	134.64	5	121.75	7	113.75	9	108.88	11	105.91
2	58.03	4	74.23	6	84.20	8	90.85	10	94.65	12	96.91

Die Curve Ac N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.6	21.560	81.1	24.865	106.9	28.117	109.9	31.435	103.4	34.701	99.8
18.902	73.2	22.222	70.0	25.524	92.8	28.814	104.9	32.089	104.9	35.353	101.9
19.567	127.7	22.883	87.2	26.183	87.2	29.470	96.9	32.743	102.6		
20.232	146.4	23.544	114.1	26.842	96.3	30.126	94.9	33.396	98.9		
20.896	120.8	24.205	121.2	27.500	106.4	30.781	98.2	34.049	98.1		

Maxima und Minima der Curve Ac N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	147.63	3	121.43	5	109.85	7	104.69
2	69.90	4	87.06	6	94.92	8	98.13

Die Curve Ad N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.0	24.205	144.5	30.126	70.8	36.004	121.8	41.836	86.9	47.631	110.0
18.902	79.0	24.865	118.2	30.781	86.7	36.654	111.1	42.481	91.7	48.272	108.3
19.567	136.4	25.524	77.2	31.435	116.8	37.303	93.4	43.127	105.9	48.913	99.9
20.232	156.5	26.183	62.0	32.089	127.7	37.952	82.2	43.772	113.0	49.553	92.8
20.896	126.3	26.842	86.4	32.743	111.9	38.601	88.4	44.417	109.8	50.193	93.6
21.560	67.5	27.500	121.3	33.396	88.0	39.249	107.2	45.060	99.9	50.833	100.9
22.222	50.7	28.117	134.7	34.049	77.1	39.896	117.2	45.703	90.0		
22.883	83.2	28.814	114.5	34.701	88.4	40.543	113.0	46.346	92.4		
23.544	128.8	29.470	82.6	35.353	109.9	41.189	96.6	46.989	101.4		

Maxima und Minima der Curve Ad N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	158.55	4	61.83	7	127.78	10	81.95	13	113.22	16	92.07
2	50.70	5	135.44	8	77.02	11	116.99	14	89.15		
3	144.98	6	70.23	9	121.75	12	86.07	15	110.45		

Die Curve Ad N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.0	22.001	65.0	25.854	82.4	29.689	93.4	33.505	97.5	37.303	100.3
18.902	77.0	22.773	80.3	26.622	84.6	30.453	90.3	34.267	94.2	38.060	96.9
19.678	135.3	23.544	116.8	27.390	104.9	31.217	101.5	35.027	98.2	38.817	98.8
20.453	141.7	24.315	127.6	28.157	116.2	31.980	108.9	35.871	104.6	39.575	101.9
21.228	104.9	25.085	106.4	28.922	107.6	32.743	106.6	36.546	104.9		

Maxima und Minima der Curve Ad N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	149.84	3	128.43	5	116.33	7	109.25	9	105.78
2	63.96	4	80.02	6	89.08	8	94.15	10	96.94

Die Curve Ae N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	64.9	24.315	151.2	30.453	66.6	36.546	127.7	42.589	80.1	48.593	112.1
18.902	78.0	25.085	106.9	31.217	110.8	37.303	89.3	43.342	114.0	49.340	87.3
19.678	144.8	25.854	56.4	31.980	139.6	38.060	68.1	44.094	127.2	50.087	79.2
20.453	151.2	26.622	66.8	32.743	121.8	38.817	88.6	44.846	107.9	50.833	98.4
21.228	94.9	27.390	121.6	33.505	78.3	39.575	122.0	45.599	79.2	51.579	119.8
22.001	47.0	28.157	145.5	34.267	64.7	40.327	128.7	46.346	79.3	52.324	115.5
22.773	75.0	28.922	112.8	35.027	95.8	41.082	96.6	47.096	104.3	53.069	93.0
23.544	135.7	29.689	67.5	35.871	131.7	41.836	73.3	47.845	123.7	53.813	81.6

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
54.556	92.9	58.264	90.4	61.959	87.8	65.642	88.1	69.312	89.8	72.970	92.2
55.299	115.2	59.004	106.9	62.696	102.6	66.377	96.4	70.044	94.7	73.700	93.1
56.042	116.8	59.744	110.6	63.433	114.5	67.111	110.8	70.777	107.7	74.430	101.9
56.783	98.3	60.483	103.1	64.170	109.5	67.843	110.7	71.508	111.4		
57.524	84.7	61.221	89.2	64.906	93.1	68.579	97.3	72.239	104.1		

Maxima und Minima der Curve Ae N:o 1.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	159.33	6	58.96	11	131.28	16	78.99	21	116.66	26	89.51
2	46.02	7	140.19	12	72.33	17	121.36	22	86.00	27	111.51
3	152.01	8	63.86	13	127.54	18	81.65	23	114.81	28	90.95
4	52.75	9	135.54	14	75.95	19	118.78	24	87.99		
5	145.87	10	68.30	15	124.07	20	84.00	25	112.83		

Die Curve Ae N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.6	22.773	80.7	27.390	106.7	31.980	112.9	36.546	107.9	41.082	101.8
18.902	78.0	23.544	118.7	28.157	120.8	32.743	109.0	37.303	99.1	41.836	97.1
19.678	137.0	24.315	132.5	28.922	110.9	33.505	95.6	38.060	94.4	42.589	97.3
20.453	146.6	25.085	105.9	29.689	89.0	34.267	90.7	38.817	97.4	43.342	101.6
21.228	100.1	25.854	78.0	30.453	87.0	35.027	97.5	39.575	103.0		
22.001	63.0	26.622	81.5	31.217	101.2	35.871	107.8	40.327	105.8		

Maxima und Minima der Curve Ae N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	151.39	3	132.66	5	120.96	7	113.76	9	108.89	11	105.91
2	60.83	4	75.32	6	84.70	8	90.71	10	94.12	12	96.84

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L_1 = 0.1926$ Henry. $L_2 = 0.1541$ Henry. $M = -0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	1.50	1.37	0.58	1 Acc.	510.5	100.91	480	16°.6
B № 2.	1.50	1.37	30.99	1 Acc.	510.6	100.91	480	16°.9

Die Curve B N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.0	19.955	92.0	21.339	93.2	22.718	96.0	24.094	97.9	25.470	99.1
18.846	74.0	20.232	87.9	21.615	94.0	22.993	96.2	24.370	97.9	25.744	99 1
19.124	97.7	20.509	102.9	21.891	101.1	23.219	100.9	24.645	101.6	26.020	101.6
19.401	118.8	20.786	111.9	22.167	107.1	23.544	104.9	24.920	103.2		
19.678	110.9	21.063	108.1	22.443	101.9	23.819	101.9	25.195	101.15		

Maxima und Minima der Curve B N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	119.54	3	112.46	5	107.65	7	105.11	9	103.52
2	86.37	4	91.97	6	95.35	8	97.44	10	98.86

Die Curve B N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.1	19.678	112.4	20.786	102.6	21.891	99.9
18.846	70.0	19.955	99.3	21.063	103.9	22.167	101.0
19.124	98.3	20.232	94.8	21.339	100.8		
19.401	111.9	20.509	99.0	21.615	99.1		

Max. und Min.

№	q
1	114.04
2	94.22
3	103.89
4	99.19

N:o 1.

XX.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	7001.6	2.09	1.38	1 Acc.	510.7	100.67	480	17°.9
Aa № 2.	874.8	2.08	1.37	1 Acc.	510.6	100.52	480	17°.5
Aa № 3.	288.53	2.08	1.37	1 Acc.	510.6	100.52	480	16°.9
Aa № 4.	49.46	2.08	1.37	1 Acc.	510.5	100.53	480	16°.6
Ab № 1.	7000.5	31.91	1.37	1 Acc.	510.6	100.74	480	17°.1
Ab № 2.	874.8	31.91	1.37	1 Acc.	510.6	100.57	480	17°.7
Ab № 3.	288.53	31.91	1.37	1 Acc.	510.6	100.55	480	17°.1
Ab № 4.	49.46	31.91	1.37	1 Acc.	510.6	100.51	480	16°.8

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.1	26.842	159.3	36.654	98.3	46.346	64.2	55.936	149.8	65.432	62.8
18.902	81.7	27.938	189.1	37.736	39.2	47.417	122.8	56.995	118.7	66.482	63.1
19.124	105.9	29.033	139.6	38.817	34.5	48.486	158.3	58.053	71.2	67.531	92.5
20.232	189.2	30.126	58.9	39.896	86.7	49.553	142.7	59.110	52.4	68.579	131.9
21.339	189.3	31.217	18.0	40.974	151.2	50.620	93.3	60.166	73.7	69.626	138.9
22.443	114.8	32.307	48.0	42.051	167.3	51.686	52.2	61.221	117.1	70.672	115.8
23.544	25.4	33.396	118.5	43.127	123.8	52.750	51.5	62.275	145.3	71.717	81.0
24.645	10.0	34.484	174.7	44.202	64.0	53.813	95.1	63.328	131.5	72.761	63.8
25.744	64.4	35.570	157.5	45.275	37.2	54.875	141.6	64.380	93.9	73.804	79.1

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
74.847	110.3	81.086	93.8	87.295	78.7	93.478	76.0	99.636	85.0	105.777	99.6
75.890	133.7	82.122	118.5	88.327	100.2	94.507	87.3	100.660	79.9	106.799	83.9
76.931	127.8	83.158	130.6	89.358	121.5	95.534	107.4	101.684	92.8	107.820	83.7
77.971	100.9	84.193	116.8	90.388	125.5	96.560	122.2	102.708	109.5	108.841	96.0
79.009	74.0	85.228	92.0	91.418	108.9	97.586	120.5	103.731	120.8	109.861	112.8
80.048	70.0	86.262	73.2	92.448	86.7	98.611	102.0	104.754	114.6		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	202.51	6	27.94	11	152.15	16	63.86	21	126.72	26	81.74
2	5.83	7	168.39	12	52.22	17	134.97	22	76.05		
3	189.66	8	37.21	13	145.77	18	68.23	23	123.61		
4	17.67	9	159.67	14	58.33	19	130.71	24	78.99		
5	178.23	10	45.18	15	139.87	20	72.50	25	120.76		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.7	26.842	137.4	36.654	99.9	46.346	91.6	55.936	107.7	65.432	97.0
18.902	81.9	27.938	156.4	37.736	76.7	47.417	104.9	56.995	103.2	66.482	97.5
19.124	102.9	29.033	125.4	38.817	76.2	48.486	112.6	58.053	96.9	67.531	99.9
20.232	185.0	30.126	78.8	39.896	95.2	49.553	109.9	59.110	94.7	68.579	102.6
21.339	181.2	31.217	56.3	40.974	115.7	50.620	99.9	60.166	97.5		
22.443	109.6	32.307	75.0	42.051	120.2	51.686	91.8	61.221	102.1		
23.544	42.1	33.396	109.8	43.127	108.1	52.750	92.0	62.275	104.9		
24.645	32.0	34.484	133.3	44.202	91.2	53.813	99.1	63.328	103.8		
25.744	78.3	35.570	125.9	45.275	84.3	54.875	106.2	64.380	100.1		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	193.92	4	56.36	7	121.06	10	90.91	13	104.98
2	27.94	5	134.65	8	84.37	11	108.03	14	96.94
3	157.00	6	73.93	9	113.03	12	94.62		

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	63.0	23.544	67.0	28.814	111.5	34.049	104.1	39.249	98.9	44.417	99.9
18.902	83.0	24.205	61.2	29.470	103.2	34.701	105.1	39.896	99.9	45.060	99.9
19.567	142.4	24.865	69.0	30.126	95.5	35.353	104.4	40.543	100.9	45.703	99.9
20.232	174.9	25.524	83.5	30.781	91.6	36.004	102.8	41.189	101.5	46.346	100.1
20.896	176.4	26.183	100.7	31.435	91.0	36.654	100.6	41.835	101.6	46.989	100.2
21.560	153.7	26.842	113.8	32.089	93.3	37.303	98.9	42.481	101.3		
22.222	124.5	27.500	119.1	32.743	97.2	37.952	98.0	43.127	100.9		
22.883	89.0	28.157	117.8	33.396	101.6	38.601	97.9	43.772	100.2		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 3.

N	q	N	q	N	q	N	q
1	179.12	3	119.84	5	105.18	7	101.81
2	61.03	4	90.97	6	98.00	8	99.92

Die Curve Aa N:o 4. Max. = 147.76.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	63.0	20.896	125.7	23.544	108.9	26.183	103.3	28.814	101.6	54.875	100.4
18.902	83.8	21.560	111.5	24.205	107.0	26.842	102.9	29.470	101.2	106.799	100.4
19.567	138.5	22.222	109.7	24.865	104.9	27.500	102.6	30.126	101.05	157.489	100.4
20.232	144.0	22.883	110.6	25.524	103.9	28.157	101.9	33.396	100.7	208.343	100.4

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.1	27.938	166.8	38.817	62.7	49.553	120.7	60.166	91.2	70.672	105.9
18.902	78.3	29.033	136.8	39.896	90.0	50.620	100.2	61.221	103.5	71.717	97.7
19.124	97.1	30.126	77.5	40.974	124.7	51.686	82.2	62.275	113.1	72.761	92.4
20.232	174.8	31.217	45.1	42.051	134.9	52.750	80.7	63.328	111.8	73.804	94.8
21.339	182.4	32.307	61.2	43.127	118.0	53.813	95.8	64.380	100.9	74.847	100.9
22.443	119.6	33.396	108.4	44.202	86.1	54.875	112.8	65.432	91.2		
23.544	45.0	34.484	145.7	45.275	71.0	55.936	118.3	66.482	90.2		
24.645	23.8	35.570	139.9	46.346	81.2	56.995	108.9	67.531	97.0		
25.744	70.9	36.654	101.0	47.417	106.8	58.053	93.7	68.579	106.8		
26.842	135.8	37.736	67.3	48.486	124.0	59.110	85.0	69.626	110.0		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	192.16	4	44.11	7	135.17	10	79.02	13	113.88	16	92.27
2	22.77	5	148.52	8	71.03	11	118.88	14	89.18		
3	166.98	6	59.76	9	125.79	12	84.97	15	110.05		

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	56.7	23.544	57.0	30.126	88.0	36.654	103.4	43.127	106.5	49.553	105.1
18.902	77.0	24.645	43.1	31.217	71.1	37.736	88.4	44.202	97.6	50.620	101.1
19.124	97.6	25.744	77.4	32.307	79.0	38.817	86.5	45.275	93.0	51.686	97.6
20.232	174.6	26.842	125.4	33.396	102.9	39.896	95.4	46.346	95.0	52.750	96.8
21.339	174.1	27.938	142.6	34.484	120.1	40.974	106.2	47.417	101.1	53.813	99.0
22.443	117.7	29.033	123.0	35.570	118.2	42.051	111.0	48.486	105.3	54.875	101.9

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	184.65	3	142.57	5	121.75	7	111.04	9	105.88
2	41.01	4	70.80	6	85.77	8	92.96	10	96.64

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.7	23.544	75.2	30.126	99.1	36.654	101.5
18.902	75.7	24.645	69.8	31.217	94.0	37.736	99.6
19.124	100.2	25.744	88.7	32.307	95.2	38.817	99.1
20.232	66.8	26.842	107.7	33.396	99.9	39.896	99.9
21.339	158.7	27.938	114.8	34.484	103.0	40.974	100.8
22.443	113.2	29.033	108.9	35.570	103.0		

Max und Min.

№	q
1	171.25
2	68.43
3	114.81
4	93.95
5	103.33
6	99.10

Die Curve Ab N:o 4. Max. = 141.58.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.4	20.896	125.8	23.544	108.2	26.183	103.0	31.217	100.9	157.489	100.4
18.902	78.0	21.560	113.8	24.205	106.6	26.842	102.7	33.396	100.6	208.343	100.4
19.567	130.7	22.222	110.3	24.865	104.9	27.938	101.9	54.875	100.3		
20.232	139.6	22.883	109.7	25.524	103.9	29.033	101.3	106.799	100.4		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ba №1.	Identisch mit der Curve Aa № 2.							
Ba № 2.	Identisch mit der Curve Ab № 2.							
Ba № 3.	874.9	65.51	1.37	1 Acc.	510.7	100.61	480	17°.9

Bezeichnung.	W_2 in Ohm.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ba № 4.	874.9	182.75	1.37	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.0
Ba № 5.	874.9	231.27	1.37	1 Acc.	510.7	100.59	480	18°.0
Ba № 6.	874.9	488.29	1.37	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.0
Ba № 7.	874.9	810.1	1.37	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.0
Ba № 8.	874.9	1131.0	1.37	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.0
Ba № 9.	874.9	3083.2	1.37	1 Acc.	510.7	100.63	480	18°.0
Ba № 10.	874.9	9210.0	1.37	1 Acc.	510.7	100.63	480	18°.0
Bb № 1.	874.9	2.10	50.84	1 Acc.	510.7	100.61	480	18°.0

Die Curve Ba N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.0	22.443	117.9	27.938	131.4	33.396	99.3	38.817	92.5	44.202	100.2
18.902	68.1	23.544	68.9	29.033	120.5	34.484	111.3	39.896	96.1	45.275	97.4
19.124	90.1	24.645	53.4	30.126	95.2	35.570	112.0	40.974	102.6	46.346	97.6
20.232	164.3	25.744	77.1	31.217	81.4	36.654	103.7	42.051	105.9	47.417	99.9
21.339	169.1	26.842	114.1	32.307	84.6	37.736	95.0	43.127	104.1	48.486	101.9

Maxima und Minima der Curve Ba N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	175.27	3	131.35	5	113.10	7	105.88
2	52.25	4	80.72	6	92.20	8	96.94

N:o 1.

Die Curve Ba N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	43.5	23.544	91.0	30.126	103.3	36.654	101.9
18.902	59.3	24.645	78.3	31.217	97.7	37.736	100.9
19.124	75.0	25.744	85.0	32.307	95.9	38.817	99.7
20.232	135.7	26.842	99.9	33.396	97.9	39.896	99.6
21.339	148.9	27.938	109.1	34.484	100.9	40.974	100.0
22.443	122.4	29.033	109.2	35.570	102.6	42.051	100.9

Max. und Min.

№	q
1	150.50
2	78.09
3	110.38
4	95.95
5	102.60
6	99.45

Die Curve Ba N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.0	21.339	133.8	25.744	91.1	30.126	102.6	34.484	99.9
18.902	51.3	22.443	122.0	26.842	96.6	31.217	100.9	35.570	100.3
19.124	68.7	23.544	102.3	27.938	101.7	32.307	99.7	36.654	100.7
20.232	117.8	24.645	91.8	29.033	103.4	33.396	99.3		

Max. und Min.

№	q
1	133.65
2	90.08
3	103.33
4	99.22

Die Curve Ba N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	30.7	20.232	97.9	23.544	107.6	26.842	97.9	30.126	100.8
18.902	42.1	21.339	116.0	24.645	100.3	27.938	99.1	31.217	100.7
19.124	55.5	22.443	115.1	25.744	97.7	29.033	100.1		

Max. und Min.

№	q
1	117.36
2	97.31
3	100.81

Die Curve Ba N:o 7.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	23.0	20.232	75.0	23.544	103.0	26.842	100.4	30.126	100.1
18.902	29.5	21.339	94.1	24.645	102.1	27.938	100.1	31.217	100.1
19.124	41.0	22.443	101.6	25.744	101.1	29.033	100.1		

Max. und Min.

№	q
1	102.97
2	100.11

Die Curve Ba N:o 8.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	19.5	22.232	61.8	23.544	95.2	26.842	99.7	54.875	100.15	208.343	100.4
18.902	25.7	21.339	79.8	24.645	97.9	27.938	99.9	106.799	100.2		
19.124	33.0	22.443	89.3	25.744	99.0	33.396	100.0	157.489	100.3		

Die Curve Ba N:o 9.

t	q	t	q	t	q
18.902	11.4	29.033	82.9	54.875	99.9
20.232	28.5	31.217	88.0	81.086	100.1
22.443	49.8	33.396	92.8	106.799	100.15
24.645	65.2	38.817	96.6	157.489	100.2
26.842	75.7	44.202	98.8	208.343	100.25

Die Curve Ba N:o 10.

t	q	t	q	t	q
18.902	4.2	35.570	60.2	75.890	95.7
20.232	11.0	39.896	68.4	86.262	97.7
22.443	20.9	44.202	75.0	106.799	99.1
26.842	37.0	54.875	86.1	157.489	100.15
31.217	50.0	65.432	92.1	208.343	100.25

Die Curve Bb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.0	23.544	58.8	30.126	86.9	36.654	98.1	43.127	102.0	49.553	102.2
18.902	73.0	24.645	50.2	31.217	75.7	37.736	89.8	44.202	96.0	50.620	99.1
19.124	97.6	25.744	84.0	32.307	88.1	38.817	91.7	45.275	95.3	51.686	97.9
20.232	169.0	26.842	124.8	33.396	106.7	39.896	100.6	46.346	98.8	52.750	98.9
21.339	169.6	27.938	136.4	34.484	117.8	40.974	107.7	47.417	102.8	53.813	101.0
22.443	108.2	29.033	115.4	35.570	111.6	42.051	107.7	48.486	104.4		

Maxima und Minima der Curve Bb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	178.95	3	137.00	5	117.79	7	108.29	9	104.12
2	46.92	4	75.29	6	88.75	8	94.95	10	97.93

XXII.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	σ in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_2 in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	2.08	∞	1 Acc.	510.6	100.89	480	17°.6
Aa № 2.	2.08	7003.6	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.3
Aa № 3.	2.08	876.2	1 Acc.	510.7	100.83	480	18°.2
Aa № 4.	2.08	289.96	1 Acc.	510.7	100.89	480	18°.0
Aa № 5.	2.08	50.84	1 Acc.	510.6	100.90	480	17°.7
Aa № 6.	2.07	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.4
Ab № 1.	32.50	∞	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.6
Ab № 2.	32.50	7003.2	1 Acc.	510.7	100.90	480	17°.9
Ab № 3.	32.51	876.2	1 Acc.	510.7	100.90	480	18°.3
Ab № 4.	32.50	289.95	1 Acc.	510.7	100.91	480	17°.9
Ab № 5.	32.50	50.85	1 Acc.	510.6	100.79	480	17°.7
Ab № 6.	32.50	1.37	1 Acc.	510.6	100.92	480	17°.6

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.5	20.453	151.1	22.773	72.4	25.085	108.3	27.390	120.1	29.688	67.4
18.902	78.8	21.228	94.0	23.544	136.2	25.854	54.0	28.157	147.4	30.453	63.6
19.678	142.3	22.001	47.1	24.315	151.8	26.622	64.1	28.922	119.0	31.217	109.1

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
31.980	141.0	39.572	121.7	47.096	103.7	54.556	89.7	61.959	84.0	69.311	87.1
32.743	119.5	40.327	129.2	47.845	126.7	55.299	115.9	62.696	104.1	70.042	92.2
33.505	78.7	41.082	90.0	48.593	112.8	56.042	119.0	63.433	117.1	70.777	107.7
34.267	62.2	41.836	71.1	49.340	85.0	56.783	100.7	64.170	112.8	71.508	114.3
35.027	93.3	42.589	78.2	50.087	76.1	57.524	81.8	64.906	94.3	72.239	105.9
35.787	134.4	43.342	116.9	50.833	97.4	58.264	88.0	65.642	85.2	72.969	90.2
36.546	130.8	44.094	130.5	51.579	122.7	59.004	108.0	66.377	95.0	73.700	89.3
37.313	92.0	44.846	110.5	52.324	119.8	59.744	119.7	67.111	112.5	74.430	102.2
38.060	65.4	45.596	78.0	53.096	93.2	60.483	108.7	67.845	112.0		
38.817	87.0	46.346	77.0	53.813	78.6	61.221	87.5	68.579	97.9		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	159.40	6	56.53	11	133.88	16	75.89	21	119.77	26	86.66
2	45.45	7	142.57	12	69.26	17	124.53	22	83.01	27	114.34
3	153.24	8	61.16	13	130.68	18	78.22	23	117.69	28	87.96
4	51.19	9	138.05	14	72.76	19	121.82	24	84.90		
5	147.53	10	65.50	15	127.38	20	81.02	25	115.80		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.8	25.854	58.9	33.505	80.9	41.082	100.9	48.593	108.9	56.042	112.0
18.902	81.6	26.622	69.7	34.267	70.0	41.836	80.0	49.340	93.2	56.783	100.2
19.678	142.7	27.390	120.8	35.027	96.1	42.589	85.5	50.087	85.6	57.524	89.3
20.453	149.5	28.157	141.6	35.787	127.7	43.342	110.6	50.833	99.1	58.264	92.9
21.228	92.1	28.922	112.0	36.546	124.0	44.094	121.6	51.579	113.2	59.004	107.0
22.001	48.7	29.688	71.9	37.313	94.9	44.846	106.4	52.324	114.8	59.744	111.0
22.773	74.3	30.453	71.0	38.060	74.0	45.596	86.3	53.069	96.8	60.483	103.9
23.544	135.9	31.217	111.2	38.817	92.2	46.346	84.4	53.813	87.0	61.221	93.0
24.315	146.7	31.980	134.0	39.572	116.8	47.096	100.9	54.556	94.3	61.959	92.0
25.085	102.3	32.743	118.9	40.327	123.6	47.845	117.3	55.299	108.9	62.696	100.9

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	158.54	5	141.75	9	129.69	13	121.53	17	115.11	21	111.04
2	47.69	6	63.03	10	74.06	14	81.91	18	87.02	22	91.08
3	149.51	7	135.54	11	125.23	15	118.05	19	113.06		
4	56.03	8	69.00	12	78.09	16	84.80	20	89.31		

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.3	22.443	71.0	26.842	95.9	31.217	103.9	35.570	105.4	39.896	103.7
18.902	79.8	22.994	96.1	27.390	109.3	31.762	109.9	36.112	105.8	40.435	102.9
19.124	102.9	23.544	121.7	27.938	117.7	32.307	108.6	36.654	102.9	40.974	100.4
19.678	144.3	24.094	130.6	28.485	113.3	32.852	102.7	37.195	99.2	41.513	98.9
20.232	150.0	24.645	116.8	29.033	99.9	33.396	95.4	37.736	96.7	42.051	98.3
20.786	126.7	25.195	96.6	29.580	91.0	33.940	93.4	38.277	96.9	42.588	99.6
21.339	82.2	25.744	79.4	30.126	88.3	34.484	96.1	38.817	99.9	43.127	101.2
21.891	62.0	26.293	81.2	30.672	94.9	35.027	99.9	39.357	102.3		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	153.47	3	130.68	5	117.79	7	110.18	9	106.05	11	103.76
2	60.83	4	78.09	6	87.97	8	93.39	10	96.71	12	98.16

Die Curve Aa N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.8	22.222	82.2	26.183	97.1	30.126	100.2
18.902	80.4	22.883	99.8	26.842	102.0	30.781	101.2
19.567	134.9	23.544	111.8	27.500	103.6		
20.232	141.6	24.205	109.1	28.157	102.1		
20.896	109.9	24.864	99.1	28.814	99.9		
21.560	80.2	25.524	95.1	29.470	99.1		

Max. und Min.

№	q
1	147.75
2	77.72
3	112.16
4	94.95
5	103.62
6	99.39

Die Curve Aa N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	72.7	20.232	121.5	22.443	120.3	24.645	100.6	26.842	96.7	29.033	99.6
18.902	87.0	20.786	88.0	22.994	111.7	25.195	109.9	27.390	100.8	29.580	98.1
19.124	114.8	21.339	83.0	23.544	94.0	25.744	106.5	27.938	105.3	30.126	100.1
19.678	141.6	21.891	103.1	24.094	91.0	26.293	98.2	28.485	104.0	30.672	102.5

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	141.61	3	120.17	5	110.18	7	105.51
2	79.12	4	89.95	6	95.28	8	98.04

Die Curve Aa N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.4	22.994	115.0	27.938	120.2	32.852	104.8	37.736	94.2	42.588	95.9
18.902	81.8	23.544	81.9	28.485	109.9	33.396	112.9	38.277	103.4	43.127	96.4
19.124	103.1	24.094	77.0	29.033	86.8	33.940	104.1	38.817	108.3	43.665	101.9
19.678	137.6	24.645	107.9	29.580	86.4	34.484	91.1	39.357	102.6	44.202	105.6
20.232	119.6	25.195	125.2	30.126	106.9	35.027	92.0	39.896	95.2	44.739	102.9
20.786	80.0	25.744	111.5	30.672	116.5	35.570	105.1	40.435	94.9	45.275	97.1
21.339	71.7	26.293	84.3	31.217	105.1	36.112	110.7	40.974	102.1	45.811	97.1
21.891	98.9	26.842	82.2	31.762	89.4	36.654	102.6	41.513	107.0	46.346	102.6
22.443	131.7	27.390	104.2	32.307	89.9	37.195	94.0	42.051	102.9		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 6.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	139.77	5	125.30	9	116.47	13	110.84	17	107.07
2	66.33	6	79.02	10	86.99	14	92.05	18	95.45
3	131.90	7	120.20	11	113.03	15	108.83	19	105.81
4	73.40	8	83.51	12	90.01	16	93.95	20	96.64

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.1	23.544	120.0	28.922	110.5	34.267	90.0	39.572	103.5	44.846	102.1
18.902	78.0	24.315	133.1	29.688	88.0	35.027	97.5	40.327	106.1	45.596	98.8
19.678	135.6	25.085	106.6	30.453	86.1	35.787	108.1	41.082	101.0	46.346	97.9
20.453	146.5	25.854	77.8	31.217	101.2	36.546	108.3	41.836	96.9	47.096	100.2
21.228	96.9	26.622	80.9	31.980	113.6	37.313	99.3	42.589	96.9	47.845	102.9
22.001	61.1	27.390	107.7	32.743	109.8	38.060	93.9	43.342	101.9		
22.773	77.3	28.157	121.8	33.505	94.8	38.817	96.9	44.094	104.2		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	150.49	4	74.73	7	114.38	10	93.86	13	104.19
2	60.03	5	121.75	8	89.98	11	106.38	14	97.93
3	133.43	6	84.00	9	109.55	12	96.14		

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.2	22.773	77.8	27.390	107.9	31.980	110.8	36.546	106.9	41.082	101.7
18.902	73.3	23.544	118.0	28.157	119.1	32.743	107.7	37.313	100.6	41.836	98.1
19.678	135.6	24.315	130.4	28.922	109.4	33.505	96.2	38.060	95.9	42.589	98.0
20.453	146.5	25.085	105.9	29.688	91.2	34.267	92.0	38.817	97.7	43.342	101.2
21.228	101.7	25.854	78.8	30.453	88.0	35.027	97.8	39.572	102.9		
22.001	63.4	26.622	82.7	31.217	101.4	35.787	106.1	40.327	104.9		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	150.50	3	130.98	5	119.08	7	111.90	9	107.74	11	104.88
2	61.83	4	76.95	6	86.20	8	91.94	10	95.25	12	97.70

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	55.5	21.228	99.5	24.315	118.8	27.390	101.6	30.453	96.6	33.505	99.9
18.902	74.4	22.001	72.0	25.085	105.9	28.157	108.1	31.217	100.7	34.267	98.6
19.678	133.8	22.773	85.0	25.854	90.3	28.922	104.1	31.980	103.1	35.027	99.9
20.453	139.6	23.544	109.5	26.622	91.0	29.688	97.7	32.743	102.7	35.787	101.7

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	146.47	3	119.08	5	108.09	7	103.76
2	71.36	4	88.98	6	95.95	8	98.90

Die Curve Ab N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	54.0	22.222	85.3	26.183	98.3	30.126	100.4
18.902	74.8	22.883	96.6	26.842	100.5	30.781	100.9
19.567	126.9	23.544	106.1	27.500	101.6		
20.232	137.5	24.205	106.9	28.157	101.7		
20.896	115.1	24.865	101.9	28.814	100.9		
21.560	87.2	25.524	98.7	29.470	100.3		

Max. und Min.

№	q
1	140.92
2	84.90
3	107.11
4	97.93
5	101.90
6	100.12

Die Curve Ab N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.7	20.232	120.8	22.443	110.8	24.645	99.9	26.842	99.7	29.033	100.9
18.902	82.3	20.786	95.9	22.994	108.2	25.195	103.6	27.390	100.2	29.580	100.6
19.124	103.4	21.339	89.7	23.544	99.9	25.744	103.3	27.938	101.7	30.126	100.6
19.678	133.7	21.891	99.0	24.094	96.9	26.293	100.9	28.485	101.6	30.672	100.9

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	134.64	3	111.14	5	103.89	7	101.80
2	87.99	4	96.94	6	99.62	8	100.32

Die Curve Ab N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.1	20.232	118.7	22.443	115.8	24.645	100.5	26.842	95.9	29.033	99.3
18.902	75.4	20.786	88.1	22.994	109.9	25.195	108.1	27.390	100.9	29.580	98.2
19.124	98.9	21.339	81.0	23.544	92.8	25.744	105.0	27.938	104.4	30.126	101.0
19.678	131.2	21.891	97.9	24.094	90.3	26.293	97.1	28.485	103.0		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 6.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	132.66	3	116.77	5	108.56	7	104.79
2	78.32	4	89.75	6	95.48	8	98.13

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	Identisch mit der Curve A a № 6.						
B № 2.	Identisch mit der Curve A b № 6.						
B № 3.	65.49	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.4
B № 4.	182.72	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 5.	301.23	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3
B № 6.	488.22	1.37	1 Acc.	510.6	100.90	480	17°.3
B № 7.	3082.8	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3
B № 8.	10083.6	1.37	1 Acc.	510.6	100.91	480	17°.3

Die Curve B N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	55.2	20.786	93.8	23.544	98.6	26.293	100.3
18.902	75.9	21.339	88.2	24.094	96.9	26.842	99.8
19.124	96.7	21.891	99.0	24.645	100.2	27.390	100.6
19.678	124.0	22.443	108.3	25.195	102.9	27.938	101.6
20.232	115.1	22.994	105.9	25.744	102.5		

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	126.92	6	99.89
2	86.99		
3	108.33		
4	96.94		
5	103.07		

Die Curve B N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	47.0	19.678	106.0	21.339	99.1	22.994	101.1
18.902	61.9	20.232	109.9	21.891	99.1	23.544	101.1
19.124	80.3	20.786	103.9	22.443	100.6	24.094	100.9

Max. und Min.

№	q
1	110.84
2	98.93
3	101.13

Die Curve B N:o 5.

t	q	t	q	t	q
18.564	42.0	20.786	102.6	23.544	100.7
18.902	49.9	21.339	101.7	24.645	100.8
19.124	70.0	21.891	100.95		
19.678	93.0	22.443	100.85		
20.232	101.6	22.994	100.75		

Die Curve B N:o 6.

t	q	t	q	t	q
18.902	44.8	23.544	100.6	106.799	100.75
19.124	56.3	24.645	100.65	157.489	100.75
20.232	89.0	27.938	100.65	208.343	100.8
21.339	98.1	33.396	100.7		
22.443	100.0	54.875	100.7		

Die Curve B N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	12.1	29.033	82.7	54.875	100.0
20.232	29.2	31.217	87.8	106.799	100.6
22.443	50.1	33.396	91.7	157.489	100.65
24.645	64.8	38.817	96.7	208.343	100.65
26.842	75.0	44.202	98.8		

Die Curve B N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	4.3	35.570	57.3	75.890	94.4
20.232	10.3	39.896	65.3	86.262	96.9
22.443	19.2	44.202	72.0	106.799	99.1
26.842	34.8	54.875	83.7	157.489	100.4
31.217	47.0	65.432	90.3	208.343	100.7

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

Abth. C. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Ca № 1.	1.95	1.51	1 Acc.	510.7	100.83	480	18°.1
Ca № 2.	32.37	1.51	1 Acc.	510.8	100.81	480	18°.9
Ca № 3.	65.36	1.50	1 Acc.	510.6	100.88	480	17°.2
Cb № 1.	1.94	50.97	1 Acc.	510.6	100.86	480	17°.5
Cb № 2.	32.35	50.97	1 Acc.	510.6	100.82	480	17°.6

Die Curve Ca N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	58.1	21.560	108.2	24.645	116.7	27.819	94.9	30.781	94.9	33.832	104.6
18.902	82.7	22.001	123.9	25.085	100.3	28.157	90.5	31.217	103.1	34.267	104.3
19.346	120.8	22.443	117.0	25.524	87.2	28.595	97.2	31.653	106.9	34.701	100.1
19.789	132.9	22.884	90.3	25.964	89.8	29.033	108.1	32.090	104.9	35.136	96.9
20.232	106.9	23.325	80.7	26.403	104.6	29.470	108.7	32.525	97.7	35.570	98.8
20.675	78.3	23.765	95.9	26.842	112.8	29.907	101.2	32.961	95.3	36.004	101.8
21.118	75.5	24.206	112.7	27.280	107.9	30.344	93.7	33.396	99.9		

Maxima und Minima der Curve Ca N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	134.15	4	80 42	7	113.03	10	93.09	13	105.38
2	72.46	5	117.98	8	90.18	11	107.10	14	96.91
3	124.63	6	86.17	9	109.72	12	95.35		

Die Curve Ca N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.2	20.232	109.9	22.001	111.1	23.765	96.0	25.524	98.6
18.902	76.8	20.675	90.1	22.443	109.3	24.206	102.4	25.964	97.9
19.346	113.3	21.118	84.0	22.884	100.0	24.645	105.3	26.403	100.1
19.789	127.5	21.560	100.9	23.325	94.0	25.085	102.9	26.842	102.3

Max. und Min.

№	q
1	111.93
2	93.33
3	105.31
4	97.71

Die Curve Ca N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	52.6	20.232	107.8	22.001	103.9	23.765	98.4
18.902	72.0	20.675	95.9	22.443	104.9	24.206	100.6
19.346	106.9	21.118	90.4	22 884	101.9	24.645	101.7
19.789	122.1	21.560	96.9	23.325	98.9		

Max. und Min.

№	q
1	122.02
2	90.28
3	105.75
4	98.26

Die Curve Cb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	60.5	20.675	87.1	22.884	100.6	25.085	103.9	27.280	104.7
18.902	82.1	21.118	81.9	23.325	91.0	25.524	97.1	27.819	100.9
19.346	122.0	21.560	104.2	23.765	95.9	25.964	95.9	28.157	98.0
19.789	134.5	22.001	116.8	24.206	105.9	26.403	100.9	28.595	98.9
20.232	109.7	22.443	114.9	24.645	109.8	26.842	104.9	29.033	101.9

Maxima und Minima der Curve Cb N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q
1	135.64	3	118.25	5	109.82	7	105.31
2	80.95	4	90.45	6	95.62	8	97.84

Die Curve Cb N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	57.5	20.675	96.6	22.884	103.1	25.085	102.9
18.902	78.8	21.118	89.3	23.325	98.7	25.524	101.4
19.346	114.7	21.560	99.9	23.765	98.9	25.964	98.7
19.789	129.0	22.001	108.1	24.206	101.9	26.403	100.7
20.232	114.8	22.443	108.4	24.645	103.5	26.842	101.8

Maxima und Minima.

№	q	№	q
1	128.97	6	100.07
2	89.28		
3	109.82		
4	97.93		
5	103.86		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Ladungscurven).

Abth. D. $C = 2.0229$ Mikrof. $L = 0.1541$ Henry. $L_1 = 0.1926$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
D № 1.	1.95	∞	1 Acc.	510.6	100.81	480	17°.2
D № 2.	32.35	∞	1 Acc.	510.7	100.74	480	17°.2

Die Curve D N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	61.8	21.560	56.0	24.865	69.0	28.157	86.7	31.435	102.5	34.701	110.3
18.902	85.2	22.222	70.8	25.524	64.0	28.814	68.2	32.089	75.3	35.353	84.8
19.567	136.4	22.883	118.8	26.183	102.6	29.470	90.6	32.743	84.2	36.004	79.2
20.232	143.8	23.544	142.6	26.842	134.6	30.126	122.0	33.396	107.9	36.654	100.4
20.896	96.0	24.205	112.5	27.500	124.6	30.781	127.0	34.049	125.1	37.303	119.0

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
37.952	116.1	41.836	106.9	45.703	94.7	49.553	90.2	53.388	91.8	57.207	95.6
38.601	98.2	42.481	88.8	46.346	87.2	50.193	92.0	54.025	99.6	57.841	103.1
39.249	82.0	43.127	87.3	46.989	94.2	50.833	102.6	54.663	106.9		
39.896	91.0	43.772	100.9	47.631	109.2	51.473	110.6	55.299	107.2		
40.543	110.3	44.417	114.5	48.272	112.0	52.112	104.8	55.936	98.4		
41.189	117.1	45.060	110.8	48.913	100.9	52.750	94.3	56.571	93.0		

Maxima und Minima der Curve D N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	151.49	5	136.11	9	125.30	13	117.96	17	112.83	21	108.86
2	53.89	6	68.03	10	77.95	14	85.00	18	89.48	22	92.94
3	142.97	7	130.29	11	121.23	15	115.08	19	110.84		
4	62.03	8	73.50	12	81.78	16	87.22	20	91.27		

Die Curve D N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	59.4	21.560	69.7	24.865	86.1	28.157	98.8	31.435	102.1	34.701	103.0
18.902	77.3	22.222	76.3	25.524	82.2	28.814	89.8	32.089	95.4	35.353	98.8
19.567	132.4	22.883	110.2	26.183	98.1	29.470	94.9	32.743	95.3	36.004	96.9
20.232	139.6	23.544	125.7	26.842	113.4	30.126	105.6	33.396	101.5	36.654	99.9
20.896	110.3	24.205	111.8	27.500	112.0	30.781	108.8	34.049	105.2	37.303	102.7

Maxima und Minima der Curve D N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	143.66	3	125.72	5	114.84	7	108.86	9	105.25
2	67.73	4	81.61	6	89.51	8	94.05	10	96.91

XXIII.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A. (Ladungscurven).

Abth. A. $C = 1.0110$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	C_1 in Mikrof.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
Aa № 1.	1.0119	2.09	1.75	1 Acc.	510.7	100.57	1100	17°.9
Aa № 2.	0.5071	2.07	1.74	1 Acc.	510.5	100.44	1100	16°.2
Aa № 3.	0.2033	2.07	1.74	1 Acc.	510.5	100.43	1100	16°.1
Ab № 1.	1.0119	32.50	1.74	1 Acc.	510.6	100.47	1100	17°.6
Ab № 2.	0.5071	32.52	1.75	1 Acc.	510.7	100.57	1100	18°.8
Ab № 3.	0.2033	32.52	1.75	1 Acc.	510.7	100.49	1100	18°.5

Die Curve Aa N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	34.8	22.883	122.7	27.171	143.7	31.871	72.0	37.520	131.9	44.202	122.0
18.902	64.2	23.214	142.6	27.500	128.0	32.307	62.9	37.952	122.0	44.739	123.0
19.235	122.0	23.544	156.7	27.828	104.3	32.743	80.2	38.395	103.1	45.275	104.1
19.567	158.7	23.874	136.0	28.157	77.1	33.178	102.8	38.817	78.2	45.811	85.2
19.900	156.5	24.205	114.8	28.486	61.2	33.614	130.6	39.357	72.2	46.346	79.7
20.232	142.9	24.535	88.1	28.814	57.5	34.049	135.9	39.896	87.9	46.882	92.2
20.564	133.1	24.865	62.4	29.142	70.0	34.484	122.0	40.435	116.1	47.417	112.1
20.896	108.8	25.195	51.2	29.470	93.1	34.918	97.2	40.974	128.0	47.952	121.7
21.228	62.0	25.524	56.2	29.798	111.4	35.353	78.2	41.513	117.7	48.486	111.1
21.560	40.3	25.854	78.0	30.126	133.9	35.787	67.2	42.051	91.9	49.020	93.4
21.891	49.5	26.183	110.1	30.562	140.9	36.220	76.4	42.588	75.6	49.553	81.1
22.222	69.2	26.513	129.2	30.999	128.0	36.654	101.1	43.127	82.2	50.087	86.2
22.553	98.1	26.842	145.0	31.435	96.8	37.087	122.3	43.665	102.9	50.620	106.2

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
51.153	116.0	54.344	108.6	57.524	102.4	60.694	96.1	63.854	93.8	67.007	90.2
51.686	116.8	54.875	116.9	58.053	113.0	61.221	108.8	64.380	103.1	67.531	98.8
52.218	102.1	55.406	108.3	58.582	112.9	61.748	113.0	64.906	111.3	68.055	106.0
52.750	87.0	55.936	93.0	59.110	100.1	62.275	106.1	65.432	109.1		
53.282	83.5	56.466	85.6	59.638	89.2	62.802	94.1	65.957	101.1		
53.813	97.2	56.995	91.1	60.166	87.6	63.328	88.9	66.482	92.1		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	159.68	6	57.43	11	131.76	16	78.19	21	117.02	26	88.57
2	39.45	7	141.32	12	71.27	17	121.90	22	85.17	27	111.06
3	156.72	8	62.37	13	128.65	18	80.92	23	115.04	28	90.16
4	51.19	9	136.22	14	75.13	19	119.22	24	87.17		
5	147.84	10	67.27	15	124.71	20	83.18	25	113.05		

Die Curve Aa N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	34.1	24.535	42.7	31.653	97.4	40.435	71.2	50.087	85.2	59.638	96.4
18.902	66.9	24.865	49.2	32.089	125.0	40.974	91.8	50.620	103.1	60.166	110.4
19.235	129.9	25.195	79.2	32.525	141.9	41.513	119.0	51.153	118.0	60.694	112.0
19.567	160.0	25.524	113.4	32.960	124.7	42.051	126.9	51.686	112.1	61.221	101.4
19.900	167.3	25.854	143.6	33.396	88.7	42.588	108.6	52.218	95.5	61.748	91.2
20.232	157.9	26.183	154.7	33.831	65.2	43.127	79.5	52.750	83.2	62.275	90.2
20.564	116.9	26.513	143.2	34.266	63.2	43.665	76.2	53.282	90.2	62.802	99.1
20.896	70.1	26.842	110.1	34.701	88.6	44.202	98.9	53.813	110.0	63.328	110.1
21.228	40.3	27.280	70.2	35.136	122.0	44.739	118.0	54.344	116.8	63.854	109.3
21.560	37.1	27.719	49.3	35.570	136.7	45.275	122.7	54.875	108.3	64.380	99.3
21.891	58.5	28.157	65.2	36.112	119.0	45.811	103.1	55.406	93.1	64.906	91.9
22.222	94.2	28.595	103.1	36.654	83.3	46.346	79.4	55.936	85.4	65.432	91.9
22.553	144.0	29.033	140.5	37.195	66.3	46.882	81.2	56.466	94.1	65.957	100.3
22.883	159.7	29.470	145.1	37.736	86.9	47.417	100.0	56.995	109.4	66.482	109.0
23.214	161.1	29.907	123.4	38.277	116.2	47.952	120.0	57.524	114.3		
23.544	128.9	30.345	75.3	38.817	131.6	48.486	118.0	58.053	103.3		
23.874	85.5	30.781	57.2	39.357	115.0	49.020	97.1	58.582	91.3		
24.205	61.2	31.217	69.7	39.896	80.3	49.553	81.5	59.110	87.5		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 2.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	167.27	6	49.62	11	136.91	16	74.40	21	119.11	26	87.27
2	35.80	7	148.12	12	66.37	17	124.75	22	83.11	27	113.07
3	162.23	8	56.10	13	132.23	18	77.89	23	116.93	28	89.09
4	42.33	9	142.08	14	71.13	19	122.00	24	85.34	29	111.39
5	154.87	10	61.50	15	128.25	20	80.59	25	114.75	30	90.39

Die Curve Aa N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	34.1	24.535	44.1	31.653	144.8	40.435	130.0	50.087	94.1	59.638	93.3
18.902	51.2	24.865	80.5	32.089	130.8	40.974	112.3	50.620	82.2	60.166	103.5
19.235	121.3	25.195	120.2	32.525	85.0	41.513	79.9	51.153	93.9	60.694	111.7
19.567	165.9	25.524	151.0	32.960	61.2	42.051	74.2	51.686	114.1	61.221	104.9
19.900	178.6	25.854	155.8	33.396	70.2	42.588	102.1	52.218	117.1	61.748	93.4
20.232	147.1	26.183	132.9	33.831	98.7	43.127	125.3	52.750	99.9	62.275	90.2
20.564	101.3	26.513	96.1	34.266	134.2	43.665	121.0	53.282	86.2	62.802	100.0
20.896	54.9	26.842	57.2	34.701	137.9	44.202	92.3	53.813	90.5	63.328	109.1
21.228	30.2	27.280	45.6	35.136	117.5	44.739	77.1	54.344	106.1	63.854	109.1
21.560	36.8	27.719	74.4	35.570	81.9	45.275	87.4	54.875	115.0	64.380	99.2
21.891	73.1	28.157	121.2	36.112	64.2	45.811	110.1	55.406	107.1	64.906	91.9
22.222	113.3	28.595	150.6	36.654	99.1	46.346	122.3	55.936	91.2	65.432	94.4
22.553	159.7	29.033	135.9	37.195	128.3	46.882	106.1	56.466	87.4	65.957	103.4
22.883	166.9	29.470	93.1	37.736	129.1	47.417	84.1	56.995	97.6		
23.214	147.5	29.907	58.4	38.277	102.1	47.952	83.4	57.524	111.2		
23.544	91.7	30.345	58.6	38.817	69.2	48.486	103.3	58.053	111.3		
23.874	49.9	30.781	88.2	39.357	77.4	49.020	119.0	58.582	100.1		
24.205	37.1	31.217	128.9	39.896	112.8	49.553	111.3	59.110	89.5		

Maxima und Minima der Curve Aa N:o 3.

N	q	N	q	N	q	N	q	N	q	N	q
1	178.45	7	151.85	13	134.19	19	122.23	25	115.17	31	110.07
2	27.61	8	52.19	14	68.67	20	79.36	26	86.87	32	91.23
3	168.58	9	145.15	15	130.01	21	119.81	27	113.28		
4	36.83	10	58.37	16	72.70	22	82.18	28	88.36		
5	159.68	11	139.13	17	125.96	23	117.23	29	111.66		
6	45.17	12	63.93	18	76.20	24	85.17	30	90.06		

Die Curve Ab N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	35.3	24.095	125.0	30.126	120.6	36.112	83.5	42.051	98.1	47.952	108.1
18.902	59.6	24.645	83.9	30.672	126.1	36.654	99.4	42.588	90.1	48.486	106.2
19.124	98.2	25.195	62.8	31.217	111.1	37.195	113.3	43.127	90.4	49.020	99.1
19.678	152.5	25.744	71.3	31.762	87.6	37.736	115.9	43.665	99.1	49.553	93.9
20.232	141.9	26.293	105.6	32.307	76.7	38.277	106.1	44.202	109.1	50.087	94.1
20.786	122.0	26.842	132.4	32.852	87.2	38.817	92.1	44.739	110.3	50.620	100.1
21.339	58.2	27.390	127.0	33.396	107.7	39.357	85.7	45.275	104.1		
21.891	51.8	27.938	100.1	33.940	120.7	39.896	92.3	45.811	94.6		
22.443	85.3	28.486	76.5	34.484	116.0	40.435	105.5	46.346	91.3		
22.994	121.6	29.033	73.2	35.027	98.1	40.979	113.2	46.882	95.8		
23.544	144.9	29.580	92.5	35.570	83.2	41.513	109.8	47.417	105.0		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	152.21	4	62.20	7	126.96	10	81.95	13	113.35	16	91.33
2	49.19	5	133.92	8	76.59	11	117.03	14	88.83	17	108.38
3	145.42	6	70.23	9	121.33	12	85.67	15	110.90	18	93.12

Die Curve Ab N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.1	22.443	114.0	26.842	112.1	31.217	80.2	35.570	115.0	39.896	95.8
18.902	63.5	22.994	147.8	27.390	81.3	31.762	100.3	36.112	110.5	40.435	91.2
19.124	97.8	23.544	128.0	27.938	72.9	32.307	118.3	36.654	95.4	40.974	96.0
19.678	155.8	24.095	82.2	28.486	94.1	32.852	115.9	37.195	98.0	41.513	104.5
20.232	151.1	24.645	59.3	29.033	121.2	33.396	97.0	37.736	93.6		
20.786	97.2	25.195	80.0	29.580	125.3	33.940	84.2	38.277	104.8		
21.339	47.4	25.744	120.0	30.126	102.1	34.484	89.4	38.817	111.2		
21.891	58.7	26.293	135.9	30.672	81.0	35.027	103.5	39.357	106.9		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 5.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	161.00	4	59.27	7	126.96	10	83.41	13	111.29
2	46.14	5	136.15	8	78.19	11	115.14	14	91.16
3	148.05	6	69.77	9	120.21	12	88.07		

Die Curve Ab N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	39.5	21.891	80.2	25.744	135.2	29.580	93.4	33.396	89.4	37.195	108.1
18.902	70.2	22.443	144.6	26.293	111.7	30.126	79.4	33.940	104.4	37.736	108.4
19.124	107.6	22.994	144.4	26.842	76.6	30.672	90.4	34.484	113.2	38.277	101.3
19.678	164.9	23.544	95.7	27.390	75.1	31.217	114.0	35.027	108.1	38.817	93.3
20.232	137.0	24.095	61.3	27.938	104.9	31.762	117.3	35.570	94.0	39.357	95.1
20.786	72.9	24.645	73.4	28.486	123.9	32.307	101.1	36.112	90.2	39.896	103.4
21.339	44.2	25.195	117.5	29.033	114.8	32.852	86.8	36.654	98.2		

Maxima und Minima der Curve Ab N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	151.78	3	136.89	5	126.96	7	119.91	9	113.68	11	109.57
2	59.10	4	71.40	6	80.22	8	86.47	10	90.16	12	93.33

Verzeichniss der Curven der Abtheilung B. (Ladungscurven).

Abth. B. $C = 1.0110$ Mikrof. $C_1 = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	Identisch mit der Curve Ab № 2.						
B № 2.	65.51	1.75	1 Acc.	510.8	100.53	1100	19°.2

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 3.	182.81	1.75	1 Acc.	510.8	100.49	1100	19°.3
B № 4.	301.34	1.75	1 Acc.	510.8	100.53	1100	19°.1
B № 5.	488.39	1.75	1 Acc.	510.8	100.52	1100	18°.9
B № 6.	810.3	1.75	1 Acc.	510.7	100.51	1100	18°.7
B № 7.	3086.6	1.75	1 Acc.	510.7	100.52	1100	18°.6
B № 8.	10089.4	1.75	1 Acc.	510.6	100.51	1100	18°.6

Die Curve Bb N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	34.3	21.339	56.7	24.645	71.9	27.938	82.9	31.217	90.2	34.484	94.8
18.902	59.1	21.891	65.2	25.195	86.3	28.486	93.6	31.762	99.2	35.027	100.3
19.124	101.1	22.443	108.1	25.744	109.1	29.033	111.9	32.307	107.8	35.570	105.4
19.678	147.2	22.994	135.1	26.293	123.0	29.580	114.0	32.852	108.1		
20.232	146.8	23.544	124.4	26.842	110.1	30.126	102.3	33.396	100.1		
20.786	107.3	24.095	91.8	27.390	89.5	30.672	92.2	33.940	93.8		

Maxima und Minima der Curve B N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	155.24	3	139.19	5	122.99	7	114.61	9	109.35
2	55.52	4	71.97	6	82.31	8	89.36	10	93.58

Die Curve B N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	26.6	21.339	81.2	24.645	93.3	27.938	97.9
18.902	41.1	21.891	80.2	25.195	94.6	28.486	98.9
19.124	71.5	22.443	97.3	25.744	101.1	29.033	100.8
19.678	125.6	22.994	111.5	26.293	104.3		
20.232	136.9	23.544	110.6	26.842	103.1		
20.786	113.0	24.095	101.3	27.390	99.9		

Max und Min.

№	q
1	138.41
2	78.19
3	113.32
4	93.15
5	104.90
6	98.03

N.o 1.

Die Curve B N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	24.3	20.232	126.1	22.443	96.9	24.645	99.1
18.902	35.3	20.786	112.1	22.994	103.3	25.195	99.0
19.124	66.4	21.339	93.4	23.544	104.1	25.744	100.1
19.678	108.2	21.891	90.1	24.095	101.8	26.293	101.1

Max. und Min.

№	q
1	126.04
2	89.96
3	104.90
4	98.53

Die Curve B N:o 5.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	17.7	19.678	89.2	21.339	100.4	22.994	100.4	24.645	100 3
18.902	31.0	20.232	112.1	21.891	97.8	23.544	101.1		
19.124	51.0	20.786	110.1	22.443	99.1	24.095	100.6		

Max. und Min.

№	q
1	113.05
2	97.73
3	101.11

Die Curve B N:o 6.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	14.3	19.678	71.9	21.339	99.1	24.645	100.1	106.799	100.25
18.902	22.9	20.232	92.4	22.443	100.1	27.938	100.1	157.489	100.3
19.124	43.2	20.786	98.1	23.544	100.1	54.875	100.2	208.343	100.3

Die Curve B N:o 7.

t	q	t	q	t	q
18.902	9.3	29.033	69.4	157.489	100.25
20.232	41.2	33.396	99.1	208.343	100.3
22.443	70.2	44.202	100.1		
24.645	85.3	54.875	100.1		
26.842	93.1	106.799	100.2		

Die Curve B N:o 8.

t	q	t	q	t	q
18.902	3.0	35.570	80.7	86.262	100.1
20.232	15.3	39.896	87.2	106.799	100.1
22.443	31.4	44.202	91.4	157.489	100.15
26.842	55.0	54.875	97.1	208.343	100.2
31.217	70.3	65.432	99.1		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung C. (Ladungscurven).

Abth. C. $C = 1.0110$ Mikrof. $C_1 = 0.5071$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry.
$L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
C № 1.	2.08	51.22	1 Acc.	510.6	100.37	1100	17°.4
C № 2.	32.50	51.24	1 Acc.	510.7	100.40	1100	18°.4

Die Curve C N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	37.2	25.195	82.2	32.307	134.9	39.357	110.2	46.346	85.5	53.282	94.0
18.902	66.9	25.744	131.6	32.852	127.0	39.896	84.2	46.882	86.2	53.813	107.1
19.124	114.0	26.293	149.1	33.396	90.4	40.435	77.0	47.417	100.4	54.344	111.5
19.678	165.2	26.842	113.1	33.940	68.2	40.974	94.3	47.952	114.3	54.875	105.3
20.232	151.9	27.390	63.6	34.484	80.7	41.513	114.4	48.486	112.0	55.406	94.1
20.786	87.6	27.938	58.4	35.027	110.1	42.051	119.8	49.020	98.2	55.936	90.3
21.339	36.3	28.486	92.8	35.570	130.9	42.588	104.2	49.553	86.3	56.466	96.8
21.891	56.3	29.033	138.1	36.112	119.2	43.127	85.1	50.087	89.8	56.995	107.1
22.443	129.9	29.580	139.8	36.654	85.1	43.665	81.2	50.620	104.2		
22.994	159.7	30.126	96.1	37.195	72.2	44.202	99.0	51.153	113.2		
23.544	129.8	30.672	64.3	37.736	89.2	44.739	114.3	51.686	107.1		
24.095	69.4	31.217	70.5	38.277	115.9	45.275	116.0	52.218	95.1		
24.645	45.6	31.762	108.5	38.817	124.9	45.811	101.5	52.750	88.4		

Maxima und Minima der Curve C N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	168.06	5	150.82	9	136.15	13	125.99	17	118.45	21	113.58
2	35.90	6	54.02	10	67.20	14	76.72	18	83.51	22	88.37
3	159.78	7	142.97	11	130.91	15	122.00	19	116.03	23	111.63
4	45.37	8	61.20	12	72.40	16	80.22	20	86.17	24	90.33

Die Curve C N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	37.1	22.443	114.0	26.842	108.5	31.217	83.4	35.570	112.3	39.896	96.8
18.902	61.2	22.994	145.9	27.390	82.2	31.762	100.2	36.112	108.1	40.435	92.8
19.124	98.2	23.544	124.8	27.938	74.5	32.307	116.0	36.654	95.9	40.974	97.1
19.678	157.6	24.095	80.3	28.486	91.9	32.852	113.4	37.195	90.2	41.513	104.1
20.232	147.8	24.645	61.4	29.033	119.1	33.396	98.1	37.736	94.0		
20.786	98.1	25.195	82.2	29.580	122.0	33.940	86.6	38.277	104.8		
21.339	47.4	25.744	119.8	30.126	100.1	34.484	90.6	38.817	109.1		
21.891	61.8	26.293	132.9	30.672	83.8	35.027	103.0	39.357	104.3		

Maxima und Minima der Curve C N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	161.20	4	61.30	7	123.98	10	85.94	13	109.11
2	46.84	5	133.03	8	80.19	11	112.62	14	93.08
3	145.94	6	72.37	9	117.26	12	90.03		

Verzeichniss der Curven der Abtheilung D. (Ladungscurven).

Abth. D. $C = 0.5071$ Mikrof. $C_1 = 1.0110$ Mikrof. $L = 0.1926$ Henry. $L_1 = 0.1541$ Henry. $M = 0.1233$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
D № 1.	2.09	175	1 Acc.	510.7	101.64	3500	18°.7
D № 2.	32.51	1.75	1 Acc.	510.8	101.62	3500	19°.1

Die Curve D N:o 1.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	15.0	24.205	53.0	29.907	77.2	36.112	76.9	43.127	111.8	50.087	106.6
18.902	46.7	24.645	64.9	30.345	68.8	36.654	87.0	43.665	117.8	50.620	93.6
19.346	174.9	25.085	105.6	30.781	84.7	37.195	110.5	44.202	108.5	51.153	90.7
19.789	144.6	25.524	137.3	31.217	113.8	37.736	124.4	44.739	91 7	51.686	101.6
20.232	142.2	25.964	144.1	31.653	133.5	38.277	110.5	45.275	87.0	52.218	109.6
20.675	110.5	26.403	115.5	32.089	126.9	38.817	86.6	45.811	99.0	52.750	110.0
21.118	34.0	26.842	73.9	32.525	100.6	39.357	81.5	46.346	113.7	53.282	100.8
21.560	62.9	27.280	61.3	32.960	76.9	39.896	101.4	46.882	113.6	53.813	92.0
22.001	87.7	27.719	75.1	33.396	74.5	40.435	117.5	47.417	99.6	54.344	95.6
22.443	139.5	28.157	109.6	33.940	98.0	40.974	116.5	47.952	88.7	54.875	104 8
22.883	158.5	28.595	136.3	34.484	124.5	41.513	97.4	48.486	93.1		
23.324	124.1	29.033	133.3	35.027	124.4	42.051	83.7	49.020	106.6		
23.764	79.9	29.470	109.6	35.570	97.3	42.588	90.0	49.553	113.5		

Maxima und Minima der Curve D N:o 1.

№	*q*	№	*q*	№	*q*	№	*q*	№	*q*	№	*q*
1	180.85	5	145.85	9	134.08	13	124.68	17	118.37	21	113.52
2	32.60	6	61.44	10	71.99	14	80.30	18	86.11	22	90.60
3	161.82	7	139.18	11	128.60	15	121.36	19	115.53	23	111.74
4	50.19	8	66.85	12	76.69	16	83.45	20	88.72	24	91.98

Die Curve D N:o 2.

t	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*	*t*	*q*
18.564	13.5	22.443	133.4	27.390	67.3	32.307	113.5	37.195	107.6	42.051	89.7
18.902	41.8	22.994	148.1	27.938	90.7	32.852	88.0	37.736	118.5	42.588	92.3
19.124	105.6	23.544	101.6	28.486	124.4	33.396	78.8	38.277	110.0	43.127	106.5
19.679	162.0	24.095	65.4	29.033	130.3	33.940	94.7	38.817	93.5	43.665	112.6
20.010	132.8	24.645	66.6	29.580	100.6	34.484	118.6	39.357	86.4	44.202	105.9
20.232	141.9	25.195	112.2	30.126	75.5	35.027	120.5	39.896	100.6	44.739	95.7
20.787	98.0	25.744	139.3	30.672	80.2	35.570	98.7	40.435	112.5	45.275	91.7
21.339	48.9	26.293	119.7	31.217	109.6	36.112	83.8	40.974	112.3	45.811	97.7
21.891	80.3	26.842	83.5	31.762	126.9	36.654	89.0	41.513	100.5	46.346	109.4

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve D N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	172.18	4	58.88	7	133.32	10	78.77	13	118.67	16	89.01
2	42.94	5	140.48	8	73.48	11	122.53	14	86.40	17	112.93
3	152.16	6	67.28	9	127.41	12	82.75	15	115.57	18	91.69

XXIV.

Verzeichniss der Curven der Abtheilung A.

Abth. A. $C_1 = 1.0119$ Mikrof. $C_2 = 1.0110$ Mikrof. $L_1 = 0.08875$ Henry. $L_2 = 0.5917$ Henry.

Bezeichnung.	W in Ohm.	W_1 in Ohm.	W_2 in Ohm.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung $C_2 E$ in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
A № 1.	0.20	1.74	3.42	1 Acc.	510.6	100.20	1100	17°.3
A № 2.	49.68	1.75	3.42	1 Acc.	510.7	100.36	1100	18°.0
A № 3.	0.20	51.23	3.42	1 Acc.	510.7	100.34	1100	18°.2
A № 4.	0.20	1.75	52.91	1 Acc.	510.7	100.33	1100	18°.4

Die Curve A N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	38.4	32.090	32.3	45.917	120.0	59.532	149.8	72.970	109.1	86.262	75.7
18.902	64.0	32.961	9.7	46.775	55.5	60.377	121.7	73.804	132.9	87.088	89.1
19.789	209.0	33.832	85.4	47.631	35.1	61.221	72.2	74.638	124.3	87.914	115.4
20.675	226.6	34.701	182.3	48.486	87.2	62.064	54.1	75.473	92.1	88.739	123.1
21.560	103.2	35.570	174.8	49.339	148.1	62.907	86.2	76.306	68.7	89.564	106.9
22.443	— 19.8	36.437	97.1	50.194	156.7	63.749	132.7	77.139	80.3	90.388	84.3
23.325	— 1.5	37.304	18.0	51.047	101.9	64.590	139.9	77.971	111.5	91.212	78.9
24.206	122.2	38.168	39.0	51.899	46.0	65.432	105.1	78.801	130.0	92.036	93.5
25.085	219.8	39.033	124.7	52.750	53.1	66.272	68.3	79.632	119.1	92.860	115.3
25.964	183.4	39.896	181.1	53.600	108.4	67.111	64.0	80.462	87.2	93.684	120.0
26.842	53.2	40.759	157.8	54.450	154.5	67.950	109.8	81.293	72.2	94.507	103.5
27.719	— 14.3	41.621	70.2	55.299	126.0	68.788	134.2	82.122	87.3	95.329	87.2
28.595	45.5	42.482	23.0	56.147	81.2	69.626	131.9	82.949	114.1	96.150	81.9
29.470	156.6	43.342	65.2	56.995	47.6	70.463	101.8	83.778	126.0	96.970	96.8
30.344	205.2	44.202	140.9	57.841	71.2	71.299	66.5	84.607	111.1	97.791	113.7
31.217	130.9	45.060	171.9	58.687	126.1	72.135	71.6	85.435	85.0		

N:o 1.

Maxima und Minima der Curve A N:o 1.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	237.82	5	198.89	9	168.58	13	142.70	17	129.47	21	122.20
2	— 26.16	6	9.78	10	38.84	14	62.17	18	73.20	22	80.19
3	216.95	7	183.07	11	154.94	15	134.69	19	126.04	23	119.02
4	— 6.67	8	25.25	12	52.19	16	68.47	20	76.52	24	82.95

Die Curve A N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	27.7	24.206	108.1	30.344	152.8	36.437	101.0	42.482	80.2	48.486	97.2
18.902	59.4	25.085	177.6	31.217	117.7	37.303	72.3	43.342	90.1	49.339	108.4
19.789	180.1	25.964	149.8	32.090	73.0	38.168	77.9	44.202	109.3		
20.675	209.5	26.842	78.6	32.961	57.7	39.033	106.6	45.060	117.3		
21.560	100.3	27.719	35.1	33.832	91.8	39.896	125.0	45.917	106.8		
22.443	14.9	28.595	66.7	34.701	132.0	40.759	117.2	46.775	91.4		
23.325	18.6	29.470	129.0	35.570	131.0	41.621	92.1	47.631	87.2		

Maxima und Minima der Curve A N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	218.56	3	180.46	5	154.74	7	137.18	9	125.50	11	117.26
2	3.33	4	34.55	6	55.37	8	69.93	10	79.89	12	86.17

Die Curve A N:o 3.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	40.4	23.325	0.2	28.595	50.3	33.832	93.3	39.033	118.0	44.202	127.1
18.902	62.9	24.206	117.5	29.470	149.8	34.701	160.8	39.896	157.7	45.060	147.8
19.789	194.9	25.085	205.2	30.344	186.4	35.570	158.1	40.759	142.9	45.917	122.0
20.675	224.9	25.964	164.6	31.217	129.0	36.437	97.1	41.621	79.1	46.775	72.2
21.560	101.8	26.842	64.3	32.090	47.3	37.303	41.9	42.482	48.2	47.631	58.7
22.443	— 7.6	27.719	3.0	32.961	27.5	38.168	51.1	43.342	74.9	48.486	90.3

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
49.339	128.3	53.600	100.1	57.841	81.1	62.064	76.2	66.272	84.2	70.463	100.9
50.194	135.3	54.450	130.0	58.687	112.5	62.907	92.1	67.111	81.9	71.299	85.2
51.047	102.1	55.299	123.8	59.532	128.0	63.749	115.9	67.950	99.1	72.135	86.5
51.899	68.4	56.147	89.6	60.377	114.0	64.590	122.0	68.788	116.1	72.970	103.1
52.750	72.1	56.995	71.2	61.221	87.3	65.432	105.6	69.626	115.4		

Maxima und Minima der Curve A N:o 3.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	235.52	5	192.26	9	162.67	13	143.00	17	129.67	21	120.14
2	— 22.25	6	17.26	10	43.97	14	62.00	18	74.20	22	82.18
3	211.60	7	175.86	11	151.88	15	135.82	19	124.68		
4	— 0.70	8	31.71	12	53.72	16	68.40	20	78.76		

Die Curve A N:o 4.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	32.1	24.206	101.7	30.344	154.7	36.437	104.1	42.482	79.3	48.486	95.2
18.902	53.7	25.085	177.7	31.217	119.0	37.304	72.9	43.342	88.3	49.339	108.1
19.789	185.2	25.964	156.8	32.090	72.2	38.168	74.2	44.202	108.4		
20.675	211.3	26.842	80.5	32.961	57.2	39.033	104.5	45.060	117.0		
21.560	109.3	27.719	34.0	33.832	91.1	39.896	124.9	45.917	108.5		
22.443	11.7	28.595	62.4	34.701	129.9	40.759	119.5	46.775	92.3		
23.325	17.2	29.470	126.8	35.570	133.1	41.621	94.1	47.631	87.2		

Maxima und Minima der Curve A N:o 4.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	218.69	3	180.50	5	154.74	7	137.11	9	124.98	11	117.10
2	2.73	4	34.05	6	55.47	8	70.20	10	80.19	12	87.17

N:o 1.

Abth. B. $L_1 = 0.5917$ Henry. $L_2 = 0.5933$ Henry. $W = 0.20$ Ohm. $W_1 = 3.22$ Ohm. $W_2 = 3.46$ Ohm.

Bezeichnung.	C_1 in Mikrof.	C_2 in Mikrof.	E.	w in Ohm.	Volle Ladung in Sc. Th.	W_n in Ohm.	Mittl. ϑ.
B № 1.	1.0119	1.0110	1 Acc.	510.6	100.25	1100	17°.5
B № 2.	0.2033	1.0110	1 Acc.	510.6	100.35	1100	17°.6

Die Curve B N:o 1.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	35.1	35.570	192.3	52.750	35.9	69.626	148.1	86.262	64.4	102.708	112.9
18.902	68.3	36.437	100.3	53.600	100.6	70.463	112.3	87.088	75.9	103.526	125.9
19.789	218.0	37.304	10.1	54.450	166.4	71.299	62.0	87.914	111.1	104.345	112.0
20.675	232.6	38.168	21.0	55.299	156.8	72.135	55.5	88.739	134.1	105.161	88.5
21.560	91.2	39.033	123.0	56.147	89.2	72.970	96.2	89.564	120.3	105.982	76.2
22.443	— 25.4	39.896	193.2	56.995	34.5	73.804	141.9	90.388	85.1	106.799	89.2
23.325	— 16.4	40.759	170.7	57.841	47.2	74.638	141.0	91.212	67.9	107.616	109.1
24.206	125.0	41.621	71.2	58.687	109.8	75.473	103.1	92.036	83.2	108.433	123.2
25.085	227.7	42.482	10.1	59.532	157.8	76.306	62.0	92.860	115.0	109.249	112.2
25.964	77.5	43.342	49.3	60.377	137.9	77.139	65.4	93.684	131.1	110.065	88.7
26.842	50.6	44.202	139.0	61.221	73.6	77.971	108.0	94.507	117.4	110.880	78.5
27.719	— 23.4	45.060	187.1	62.064	39.8	78.801	139.0	95.329	88.2	111.695	88.0
28.595	45.2	45.917	139.6	62.907	71.5	79.632	133.9	96.150	71.2	112.510	111.3
29.470	164.6	46.775	53.4	63.749	129.6	80.462	96.1	96.970	82.2	113.326	121.0
30.344	216.6	47.631	20.1	64.590	157.0	81.293	62.0	97.791	115.0	114.141	112.7
31.217	134.9	48.486	72.2	65.432	117.9	82.122	71.9	98.611	128 3	114.955	91.4
32.090	25.8	49.339	155.1	66.272	66.2	82.949	106.1	99.431	117.7	115.769	81.6
32.961	— 4.6	50.194	172.6	67.111	47.0	83.778	137.8	100.250	95.4	116.582	87.5
33.832	86.8	51.047	112.9	67.950	79.5	84.607	128.4	101.070	73.5	117.396	109.4
34.701	193.0	51.899	37.7	68.788	137.3	85.435	89.2	101.889	84.4		

Maxima und Minima der Curve B N:o 1.

	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	244.81	4	— 23.43	7	207.07	10	9.00	13	178.45	16	33.15
2	— 37.12	5	218.10	8	— 0.83	11	187.02	14	26.08	17	164.23
3	230.74	6	— 11.58	9	196.21	12	17.87	15	170.75	18	39.72

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
19	157.87	23	147.23	27	138.91	31	131.73	35	125.97	39	121.07
20	45.57	24	55.97	28	64.20	32	70.90	36	76.19	40	80.89
21	152.25	25	142.87	29	134.92	33	128.58	37	123.02		
22	51.26	26	60.20	30	67.43	34	73.53	38	78.56		

Die Curve B N:o 2.

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
18.564	35.8	35.570	190.5	52.750	36.1	69.626	149.7	86.262	66.1	102.708	115.5
18.902	58.7	36.437	110.1	53.600	92.3	70.463	109.1	87.088	75.0	103.526	126.0
19.789	206.1	37.304	7.5	54.450	160.9	71.299	63.3	87.914	111.2	104.345	113.6
20.675	234.3	38.168	22.1	55.299	156.7	72.135	54.2	88.739	134.1	105.161	87.3
21.560	98.1	39.033	124.0	56.147	85.2	72.970	96.4	89.564	119.0	105.982	76.6
22.443	—25.1	39.896	191.3	56.995	35.1	73.804	140.9	90.388	84.2	106.799	89.2
23.325	—17.3	40.759	170.6	57.841	52.2	74.638	142.9	91.212	68.2	107.616	109.0
24.206	128.0	41.621	80.4	58.687	123.0	75.473	98.1	92.036	81.9	108.433	123.2
25.085	226.7	42.482	10.5	59.532	163.8	76.306	60.2	92.860	116.0	109.249	113.1
25.964	180.4	43.342	52.2	60.377	138.3	77.139	64.5	93.684	131.6	110.065	90.0
26.842	48.0	44.202	140.9	61.221	71.6	77.971	105.0	94.507	116.0	110.880	78.5
27.719	—23.8	45.060	187.0	62.064	40.2	78.801	137.4	95.329	84.6	111 695	86.2
28.595	37.9	45.917	132.6	62.907	76.2	79.632	132.5	96.150	70.9	112.510	108.5
29.470	165.7	46.775	54.2	63.749	130.8	80.462	91.1	96.970	85.2	113.326	121.0
30.344	214.2	47.631	21.7	64.590	157.7	81.293	62.3	97.791	115.0	114.141	110.4
31.217	135.2	48.486	77.0	65.432	123.0	82.122	71.8	98.611	128.0	114.955	91.4
32.090	23.9	49.339	153.8	66.272	68.0	82.949	109.6	99.431	116.8	115.769	81.2
32.961	—3.2	50.194	174.7	67.111	47.2	83.778	138.1	100.250	88.8	116.582	88.2
33.832	74.4	51.047	82.2	67.950	82.5	84.607	124.2	101.070	73.9	117.396	109.1
34.701	189.7	51.899	37.3	68.788	137.3	85.435	87.2	101.889	86.9		

Maxima und Minima der Curve B N:o 2.

№	q	№	q	№	q	№	q	№	q	№	q
1	245.38	8	—0.93	15	170.68	22	51.19	29	134.75	36	76.22
2	—37.12	9	196.23	16	33.12	23	147.03	30	67.27	37	123.09
3	230.67	10	9.00	17	163.64	24	55.97	31	131.26	38	78.29
4	—23.83	11	186.58	18	39.82	25	142.51	32	70.97	39	121.00
5	217.90	12	17.93	19	157.70	26	60.20	33	127.95	40	80.52
6	—11.71	13	178.45	20	45.44	27	138.21	34	73.77		
7	207.04	14	26.08	21	151.85	28	64.20	35	125.55		

Inhalt.

Einleitung . . . . . p. 3

Theoretischer Theil.

I. *Unverzweigter Stromkreis mit Capacität und Selbstinduktion* . . . . . „ 10

1. Versuchsanordnung . . . . . „ 10
2. Differentialgleichung der Ladung und der Entladung des Condensators . . „ 11
3. Beziehungen zwischen Ladung und Entladung . . . . . „ 12
4. Aperiodische Ladung . . . . . „ 14
5. Allgemeine Discussion der aperiodischen Ladung . . . . . „ 15
6. Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 26
7. Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 27
8. Uebergangsfall bei der Ladung . . . . . „ 29
9. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle . . . . . „ 30
10. Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 34
11. Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 35
12. Periodische Ladung . . . . . „ 35
13. Allgemeine Discussion der periodischen Ladung . . . . . „ 36
14. Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 41
15. Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 43
16. Die Periode T als Function von W, C und L . . . . . „ 45
17. Das logaritmische Decrement α als Function von W, C und L . . . 47
18. Der Grenzfall $L=0$ . . . . . „ 48
19. Der Grenzfall $W=0$ . . . . . „ 49
20. Der Grenzfall $C=\infty$ . . . . . „ 49

II. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem einen und ohne Selbstinduktion in dem anderen Zweige* . . . . . „ 51

1. Differentialgleichung der Ladung des Condensators . . . . . „ 51
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 53
3. Beziehungen zwischen Ladung und Entladung . . . . . „ 55
4. Charakter der Ladung . . . . . „ 57

5. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . p. 61
6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 64
7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 67
8. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 68
9. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 71
10. Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen . . . . . „ 72
11. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 76
12. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 76
13. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 77
14. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 79
15. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 80
16. Discussion der periodischen Ladung, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 84
17. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 87
18. Die Periode T als Function von W, W_2, W_1, C und L . . . . . „ 90
19. Das Decrement α als Function von W, W_2, W_1, C und L . . . . . „ 95

II a. *Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung* $W_2 = 0$ . . . . . „ 99
20. Vereinfachungen. Character der Ladung . . . . . „ 99
21. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 101
22. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 104
23. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 105
24. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 106
25. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 107
26. Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen . . . . . „ 108
27. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 109
28. Discussion der periodischen Ladung, für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 111
29. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 113

30. Die Periode T als Function von W, W_1, C und L . . . . . p. 115
31. Das Decrement α als Function von W, W_1, C und L . . . . . „ 116

II b. *Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung W_2 klein* . . . . . „ 118
32. Bezeichnungen. Charakter der Ladung . . . . . „ 118
33. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 120
34. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 123
35. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 123
36. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 124
37. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen 125
38. Periodische Ladung . . . . . „ 126

II c. *Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung W_1 gross* . . . . . „ 128
39. Bezeichnungen. Charakter der Ladung . . . . . „ 128
40. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 130
41. Periodische Ladung . . . . . „ 131

II d. *Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen W_2 klein und W_1 gross* „ 133
42. Bezeichnungen. Charakter der Ladung . . . . . „ 133
43. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 134
44. Periodische Ladung . . . . . „ 135

II e. *Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen $W_2 = 0$, W_1 gross* . . „ 136
45. Charakter der Ladung. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 136

II f. *Anordnung wie im Abschn. II, mit der ferneren Bestimmung W klein* . . . . . „ 138
46. Bezeichnungen. Charakter der Ladung . . . . . „ 138
47. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 140
48. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 141
49. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 142
50. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 143
51. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 144
52. Periodische Ladung . . . . . „ 145

II g. *Anordnung wie im Abschn. II, mit den ferneren Bestimmungen W klein und W_1 gross* „ 147
53. Charakter der Ladung. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 147
54. Zusatzbemerkungen . . . . . „ 148

III. *Verzweigter Stromkreis mit einem induktionsfreien Widerstande parallel dem Condensator* p. 150
1. Differentialgleichung der Ladung des Condensators . . . . . „ 150
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 152
3. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 154
4. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 156
5. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 157
6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 158
7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 160
8. Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen . . . . . „ 161
9. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 163
10. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 164
11. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 165
12. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 166
13. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 166
14. Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 170
15. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 171

III a. *Anordnung wie im Abschn. III, mit der ferneren Bestimmung* $W_2 = 0$ . . . . . „ 175
16. Allgemeines . . . . . „ 175
17. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 176
18. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 177
19. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 177
20. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 178
21. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 179
22. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 179
23. Discussion der periodischen Ladung für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 180
24. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 181

IV. *Capacität und Selbstinduktion in Parallelschaltung* . . . . . p. 182
1. Differentialgleichung der Ladung des Condensators . . . . . „ 182
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 183
3. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 185
4. Discussion der aperiodischen Ladnng in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 187
5. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 188
6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 189
7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 190
8. Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen . . . . . „ 191
9. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 193
10. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 194
11. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 194
12. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 196
13. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 197
14. Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 199
15. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 200

IV a. *Anordnung wie im Abschn. IV, mit der ferneren Bestimmung* $W_2 = 0$ . . . . . „ 204
16. Allgemeines . . . . . „ 204
17. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 205
18. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 205
19. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 206
20. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedinguugen . . . . . „ 206
21. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 207
22. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 207
23. Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 208
24. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 209

V. *Ein induktionsfreier Widerstand ist der Stromquelle E parallel geschaltet* . . . . . p. 211
1. Differentialgleichung der Ladung des Condensators. Charakter der Ladung . . „ 211
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 213
3. Aperiodische Ladung. Erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 214
4. Aperiodische Ladung. Zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 215
5. Periodische Ladung. Erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 216
6. Periodische Ladung. Zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 218
7. Periode und Dämpfung der Schwingungen . . . . . „ 219

VI. *Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit der Stromquelle E und dem Selbstinduktion enthaltenden Theile des Stromkreises* 220
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 220
2. Charakter der Ladung . . . . . „ 222

VII. *Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator und der Stromquelle E* . . . . . „ 226
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 226
2. Charakter der Ladung . . . . . „ 227

VIII. *Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator und dem mit Selbstinduktion versehenen Theile der Strombahn* . . . . . „ 230
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 230
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 232
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 234
4. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 235
5. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 239
6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 242
7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 243
8. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 244
9. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 249
10. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 251
11. Formeln für die Ladung in den Uebergangsfällen . . . . . „ 253
12 Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 256
13. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 257
14. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 258

15. Discussion der Ladung in dem Uebergangsfalle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . p. 259
16. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 262
17. Discussion der periodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 267
18. Discussion der periodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 271
19. Die Periode T als Function von W, W_2, W_3, C und L . . . . . „ 275
20. Das Decrement α als Function von W, W_2, W_3, C und L . . . . . „ 279

IX. *Induktionsfreie Widerstände in Parallelschaltung mit dem Condensator, dem mit Selbstinduktion versehenen Theile der Strombahn und der Stromquelle E* . . . . . „ 282
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 282
2. Charakter der Ladung . . . . . „ 285

X. *Anordnung mit mehreren Capacitäten in Serienschaltung* . . . . . „ 286
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 286
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 288
3. Selbstinduktion in beiden Bahnstücken . . . . . „ 289

XI. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in beiden Zweigen* . . . . . „ 291
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 291
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 294
3. Beziehung zwischen Ladung und Entladung . . . . . „ 296
4. Charakter der Ladung . . . . . „ 296
5. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 302
6. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 305
7. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 311
8. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 313
9. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 315
10. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 317
11. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 319
12. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 322
13. Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung; erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 324

14. Uebergangsfälle zwischen aperiodischer und periodischer Ladung; zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . p. 326
15. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 327
16. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (C), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 330
17. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 331
18. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 333
19. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 333
20. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (C), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 335
21. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 336
22. Discussion der periodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 337

XI a. *Anordnung wie im Abschn. XI; kleine Widerstände* . . . . . „ 338
23. Allgemeines . . . . . „ 338
24. Erste specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 339
25. Zweite specielle Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 341

XI b. *Anordnung wie im Abschn. XI; ferner L_1 klein im Verhältniss zu L_2* . . . . . „ 343
26. Allgemeines . . . . . „ 343
27. Die periodische Ladung . . . . . „ 344

XI c. *Anordnung wie im Abschn. XI; ferner der Widerstand W_2 gross* . . . . . „ 346
28. Allgemeines . . . . . „ 346
29. Periodische Ladung . . . . . „ 347

XII. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion im unverzweigten Theile und parallel dem Condensator* . . . . . „ 348
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 348
2. Die Stromstärken i_1 und i_2 . . . . . „ 349

XIII. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem unverzweigten Theile und in dem einen Zweige* . . . . . „ 351
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 351
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 352
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 353
4. Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 355

5. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . p. 359
6. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 360
7. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 361
8. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (A), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 364
9. Discussion der aperiodischen Ladung in dem Falle (B), für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 366
10. Unmöglichkeit einer Wurzel $\frac{W_1 + W_2}{L_1}$ . . . . . „ 368
11. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 368
12. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 369

XIII a. *Anordnung wie im Abschn. XIII; kleine Widerstände* . . . . . „ 371
1. Allgemeines . . . . . „ 371

XIII b. *Anordnung wie im Abschn. XIII; der Widerstand W_2 sehr gross* . . . . . „ 373
1. Allgemeines . . . . . „ 373

XIX. *Mit der im Abschn. XIII untersuchten Anordnung verwandte Anordnungen* . . . . . „ 374
1. Selbstinduktion im unverzweigten Theile der Strombahn und der Stromquelle parallel geschaltet . . . . . „ 374
2. Stromquelle im Zweige W_1 . . . . . „ 375

XV. *Zweifach verzweigter Stromkreis, mit zwei Selbstinduktionen und fünf Widerständen* . . „ 376
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 376
2. Specieller Fall . . . . . „ 378

XVI. *Mit der im Abschn. XV betrachteten Anordnung verwandte Anordnungen* . . . . . „ 380
1. Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_3 . . . . . „ 380
2. Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_1 . . . . . „ 380

XVII. *Zweifach verzweigter Stromkreis mit zwei Selbstinduktionen, von denen die eine parallel dem Condensator* . . . . . „ 381
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 381

XVIII. *Mit der im Abschn. XVII betrachteten Anordnung verwandte Anordnungen* . . . . „ 384
1. Die Stromquelle befindet sich in dem Bahnstücke W_3 . . . . . „ 384
2. Die Stromquelle befindet sich in dem Bahnstücke W_1 . . . . . „ 384
3. Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_4 . . . . . „ 385
4. Die Stromquelle befindet sich in dem Zweige W_2 . . . . . „ 385

XIX. *Verzweigter Stromkreis mit gegenseitiger Induktion zwischen beiden Zweigen* . . . . p. 386
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 386
2. Der Fall $L_1 L_2 \quad M^2$ . . . . . „ 388
3. Der Fall $W_2 (L_1 - M) = W_1 (L_2 - M)$ . . . . . „ 390
4. Anfangsbedingungen . . . . . „ 391
5. Charakter der Ladung . . . . . „ 392
6. Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 395
7. Formeln für die aperiodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 397
8. Ueber einen Specialfall von aperiodischer Ladung . . . . . „ 398
9. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 399
10. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 400
11. Specialfall von periodischer Ladung . . . . . „ 401

XX. *Die Anordnung im Abschn. XIII, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion* . . „ 402
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 402
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 405
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 406
4. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 408
5. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 409
6. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 411
7. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 411
8. Specialfall von periodischer Ladung . . . . . „ 412

XXI. *Verzweigter Stromkreis mit Capacität und Widerstand in beiden Zweigen* . . . . . „ 413
1. Differentialgleichung der Ladungspotentiale . . . . . „ 413
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 415
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 417
4. Die symmetrischen Functionen der Wurzeln der Gl. (24) . . . . . „ 420
5. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 420
6. Vorbereitungen zur Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 423
7. Discussion von J und $-L\frac{dJ}{dt}$ . . . . . „ 429
8. Discussion von Π_2 und i_2 . . . . . „ 431
9. Discussion von Π_1 und i_1 . . . . . „ 432

10. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . p. 434
11. Discussion von Π_1 und i_1 . . . . . „ 435
12. Discussion von J und $-L\frac{dJ}{dt}$ . . . . . „ 437
13. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 439
14. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 441

XXII. *Unverzweigter Stromkreis mit Nebenkreis* . . . . . „ 443
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 443
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 444
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 444
4. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 447
5. Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 448
6. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 453
7. Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 454
8. Formeln für die periodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 458
9. Formeln für die periodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 460

XXIII. *Unverzweigter Stromkreis mit Capacität enthaltendem Nebenkreis* . . . . . „ 462
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 462
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 463
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 464
4. Formeln für die aperiodische Ladung . . . . . „ 467
5. Discussion der aperiodischen Ladung . . . . . „ 470
6. Formeln für die gemischte Ladung . . . . . „ 472
7. Formeln für die periodische Ladung . . . . . „ 474

XXIV. *Verzweigter Stromkreis mit Induktion und Capacität in beiden Zweigen* . . . . . „ 476
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 476
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 477
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 480
4. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der ersten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 482
5. Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 484

6. Formeln für die aperiodische Ladung, bei der zweiten Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . p. 486
7. Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 487
8. Formeln für die gemischte Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 489
9. Formeln für die gemischte Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 491
10. Formeln für die periodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 492
11. Formeln für die periodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 494

XXV. *Anordnung wie im Abschn. XXIV, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion* . . „ 496
1. Differentialgleichung der Ladung . . . . . „ 496
2. Anfangsbedingungen . . . . . „ 497
3. Charakter der Ladung . . . . . „ 499
4. Formeln für die aperiodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 501
5. Discussion der aperiodischen Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 503
6. Formeln für die aperiodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 504
7. Discussion der aperiodischen Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 505
8. Formeln für die gemischte Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 506
9. Formeln für die gemischte Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 508
10. Formeln für die periodische Ladung, für die erste Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 509
11. Formeln für die periodische Ladung, für die zweite Wahl der Anfangsbedingungen . . . . . „ 510

Experimenteller Theil.

I. *Unverzweigter Stromkreis mit Capacität und Selbstinduktion* . . . . . „ 511
1. Einleitung . . . . . „ 511
2. Gegenstand der Untersuchung . . . . . „ 514
3. Versuchsanordnung . . . . . „ 517
4. Die Berechnung der Schwingungszeit und des Decrementes für eine Ladungscurve . . . . . „ 520
5. Berechnung der Schwingungszeit und des Decrementes für eine Entladungscurve . . . . . „ 525

6. Die Achsen der Schwingungscurven . . . . . p. 529
7. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungs- und Entladungscurven, bei kleinem Widerstande . . . . . „ 533
8. Vergleich der aperiodischen Ladungs- und Entladungscurven . . . . . „ 535
9. Zunahme der Oscillationszeit mit dem Widerstande . . . . . „ 538
10. Das Decrement als Function des Widerstandes . . . . . „ 541
11. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Entladung . . . . . „ 544

II. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem einen und ohne Selbstinduktion in dem anderen Zweige* . . . . . „ 546
1. Gegenstand der Untersuchung . . . . . „ 546
2. Vergleich der aperiodischen Ladungs- und Entladungscurven . . . . . „ 550
3. Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Entladung . . . . . „ 552
4. Charakter der periodischen Entladungscurven . . . . . „ 559
5. Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Entladungscurven . . . „ 561
6. Bestimmungen des Decrementes der periodischen Entladungscurven . . . . „ 571

III. *Verzweigter Stromkreis mit einem induktionsfreien Widerstande parallel dem Condensator* „ 577
1. Versuchsanordnung . . . . . „ 577
2. Aufgenommene Curven. Gegenstand der Untersuchung . . . . . „ 578
3. Vergleich einer periodischen Ladungs- und Entladungscurve . . . . . „ 580
4. Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 581
5. Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven . . . . „ 584
6. Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 587

IV. *Capacität und Selbstinduktion in Parallelschaltung* . . . . . „ 590
1. Versuchsanordnung . . . . . „ 590
2. Aufgenommene Curven. Gegenstand der Untersuchung . . . . . „ 591
3. Die Grenzen zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 592
4. Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven . . . . „ 593
5. Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 594

X. *Anordnung mit mehreren Capacitäten in Serienschaltung* . . . . . „ 597
1. Versuchsanordnung . . . . . „ 597
2. Aufgenommene Ladungscurven . . . . . „ 597
3. Uebergangsgrenzen zwischen periodischer und aperiodischer Ladung . . . . „ 598
4. Bestimmungen der Oscillationszeit der periodischen Ladungscurven . . . . „ 599
5. Bestimmungen des Decrementes der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 601

XI. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in beiden Zweigen* . . . . . „ 603
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 603
2. Curven, welche die Bedingung $W_1 L_2 - W_2 L_1 = 0$ erfüllen . . . . . „ 604
3. Charakter der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 605
4. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 607

5. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . p. 610
6. Curven mit kleinen Widerständen W_1 und W_2 . . . . . „ 611
7. Charakter der periodischen Ladungscurven, welche kleinen Werthen der Widerstände W_1 und W_2 entsprechen . . . . . „ 612
8. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 615
9. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 620
10. Die Curven der Abtheilung E . . . . . „ 621
11. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 622
12. Curven mit einem grossen Widerstande W_2 . . . . . „ 623
13. Charakter der periodischen Ladungscurven, welche einem grossen Werthe des Widerstandes W_2 entsprechen . . . . . „ 624
14. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 625
15. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 627
16. Achsen- und Decrementsberechnung bei Curven mit gekrümmter Achse . . „ 629
17. Charakter der oscillirenden Ladungscurven mit gekrümmter Achse . . . . „ 634
18. Oscillationszeit und Decrement . . . . . „ 638
19. Achsendecremente . . . . . „ 640

XIII. *Verzweigter Stromkreis mit Selbstinduktion in dem unverzweigten Theile und in dem einen Zweige* . . . . . „ 641
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 641
2. Formeln zur Berechnung der Oscillationszeit und des Decrementes der periodischen Curven, insbesondere wenn der Widerstand W_2 gross ist . . „ 642
3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 644
4 Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 645
5. Die Achsen der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 648

XIX. *Verzweigter Stromkreis mit gegenseitiger Induktion zwischen beiden Zweigen* . . . . „ 651
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 651
2. Wurzelberechnungen zu der Gleichung (34) p. 392 . . . . . „ 652
3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 653
4. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 656

XX. *Die Anordnung im Abschnitt XIII, mit Hinzufügung einer gegenseitigen Induktion* . „ 658
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 658
2. Wurzelberechnung zu der Gleichung (25) p. 406 . . . . . „ 658
3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 660
4. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 662

XXII. *Unverzweigter Stromkreis mit Nebenkreis* . . . . . „ 664
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 664
2. Wurzelberechnungen zu der Gleichung (16) p. 446. Angenäherte Ausdrücke für die Oscillationszeit und das Decrement der periodischen Curven . . „ 665
3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 668

4. Die Achsen der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 672
5. Die Grenze zwischen aperiodischer und periodischer Ladung . . . . . „ 673

XXIII. *Unverzweigter Stromkreis mit Capacität enthaltendem Nebenkreis* . . . . . „ 675
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 675
2. Auf die Gl. (10) p. 464 sich beziehende Berechnungen . . . . . „ 676
3. Charakter der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 681
4. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 684
5. Uebergangsgrenze zwischen verschiedenen Ladungsarten . . . . . „ 686

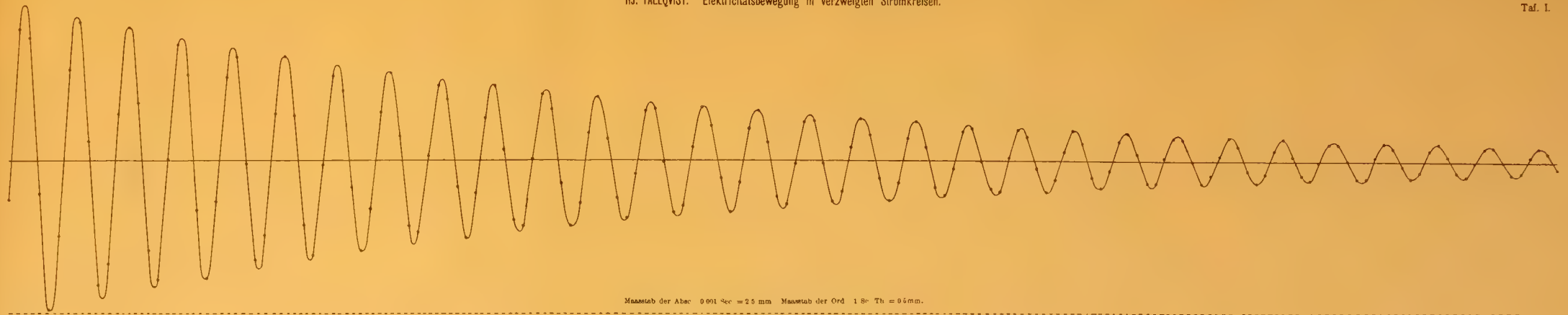
XXIV. *Verzweigter Stromkreis mit Induktion und Capacität in beiden Zweigen* . . . . . „ 688
1. Versuchsanordnung und Beobachtungsmaterial . . . . . „ 688
2. Auf die Gl. (16) p. 480 sich beziehende Berechnungen . . . . . „ 689
3. Oscillationszeit und Decrement der periodischen Ladungscurven . . . . . „ 692

Litteratur . . . . . „ 694

Tabellen . . . . . I—CCLVII

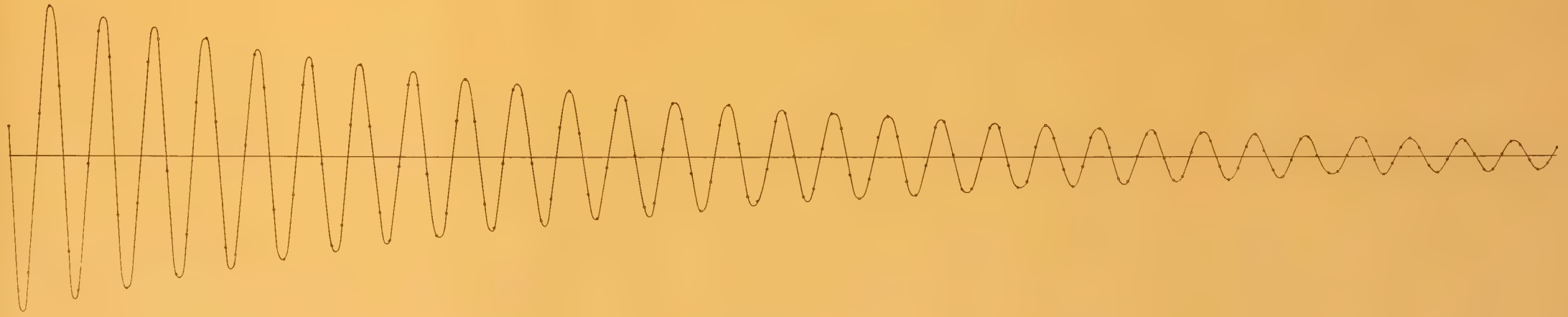
Bemerkte Druckfehler.

p.	69, Z.	4	von	oben	lies von statt vom.
„	132 „	1	„	„	lies $\frac{\pi}{2}$ statt π.
„	135 „	1	„	unten	fehlt rechts ein Factor $\frac{W}{2}$.
„	239 „	7	„	oben	lies $\frac{di_3}{dt}$ statt $\frac{di_2}{dt}$.
„	337 „	8	„	„	lies periodischen statt aperiodischen.
„	512 „	1	„	„	lies und statt uud.
„	513 „	15	„	unten	lies elementare statt elementarie.
„	517 „	1	„	oben	soll die Artikelnummer 3 statt 1 sein
„	542 „	5	„	„	lies ± 0.6 statt ± 0.2.
„	554 „	2	„	„	lies (25) statt 25.
„	556 „	1	„	„	lies W_2 statt W.
„	566 „	11	„	„	lies ± 3.2 statt ± 32.
„	580 „	8	„	unten	lies zu statt zn.
„	613 „	2	„	„	lies Mittel statt Mitteln.
„	623 „	17	„	oben	lies 62.89 statt 68.89.
„	638 „	5	„	unten	lies γ statt λ.
„	640 „	13	„	„	lies ber. statt beor.
„	672 „	10	„	oben	lies (23) statt (24).
„	XCII, Z.	4	von	oben	lies 23.5 statt -23.5.
„	CCXLVI, Z.	1	von	oben	lies N:o 2 statt N:o 5.



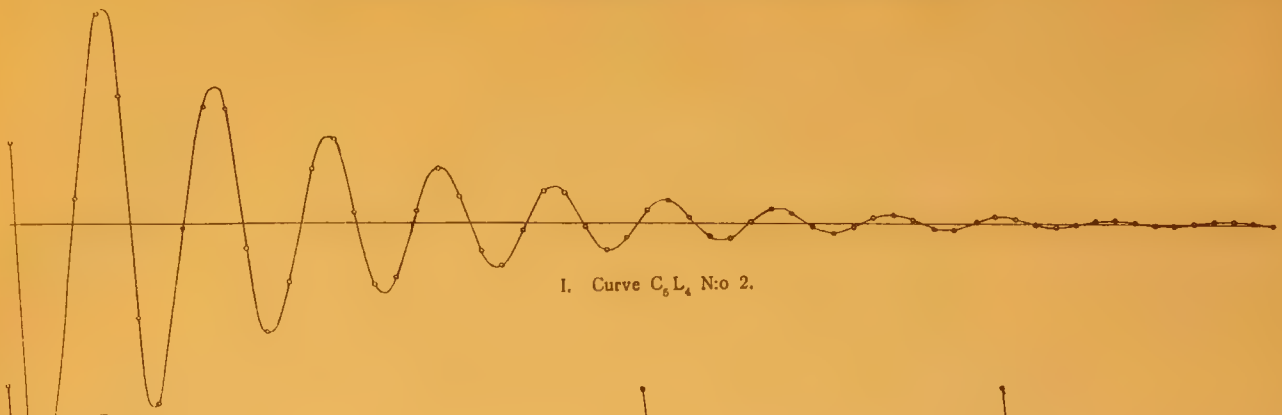
Maasstab der Abs 0.001 Sec = 2.5 mm Maasstab der Ord 1 Sc Th = 0.5 mm.

I Ladungscurve $C_6 L_6$.

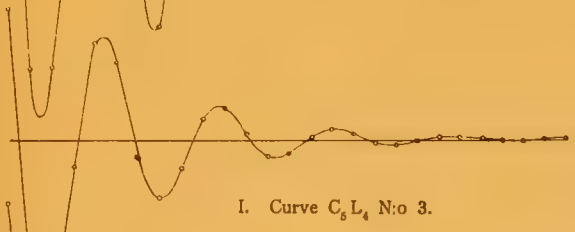


I. Entladungscurve $C_6 L_4$ No I

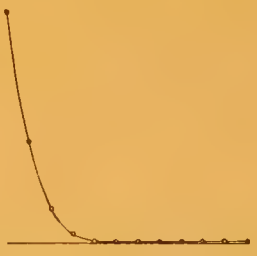
Maasstab der Abs 0.001 Sec = 2.5 mm Maasstab der Ord 1 Sc Th = 0.25 mm



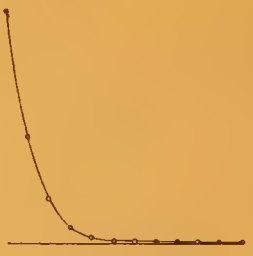
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 2.



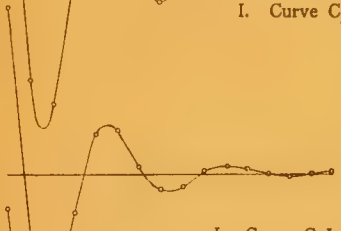
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 3.



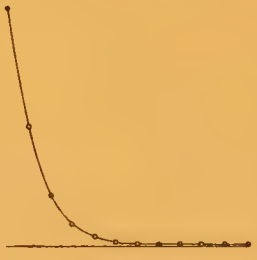
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 8.



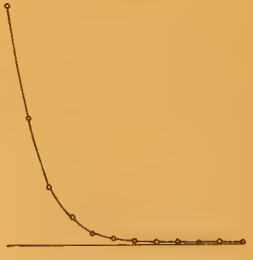
I. Curve $C_5 L_4$ N:o10.



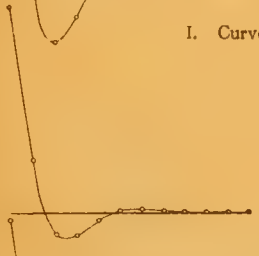
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 4.



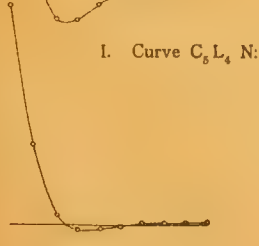
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 9.



I. Curve $C_5 L_4$ N:o 11.



I. Curve $C_5 L_4$ N:o 5.

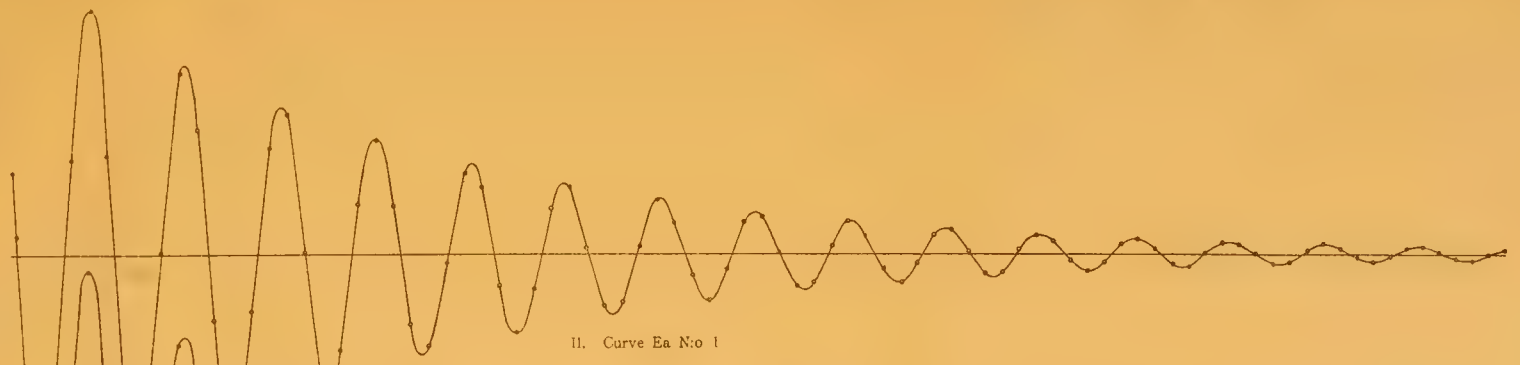


I. Curve $C_5 L_4$ N:o 6.

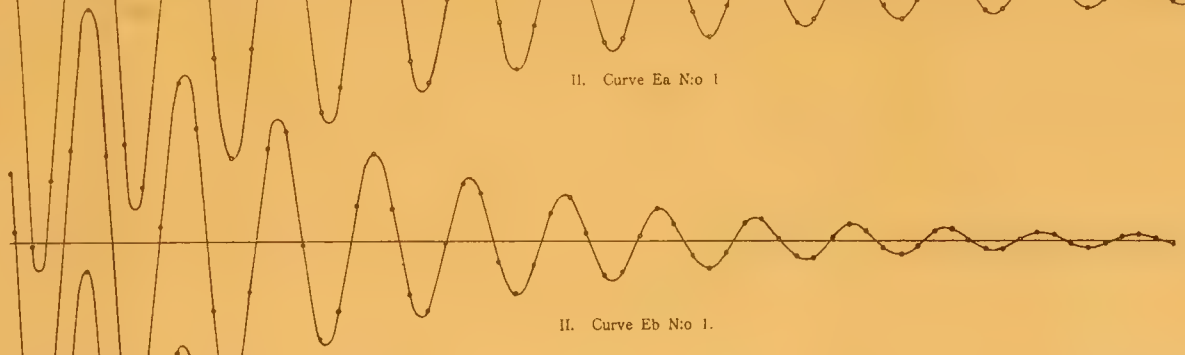
I. Curve $C_5 L_4$ N:o 7.

I. Curve $C_5 L_4$ N:o 12.

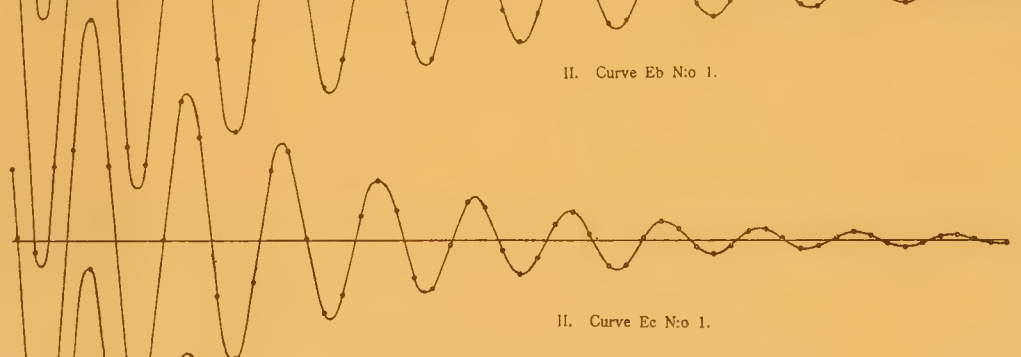
Maasstab der Absc.: 0.001 Sec. = 2.5 mm. Maasstab der Ord.: 1 Sc. Th. = 0.25 mm.



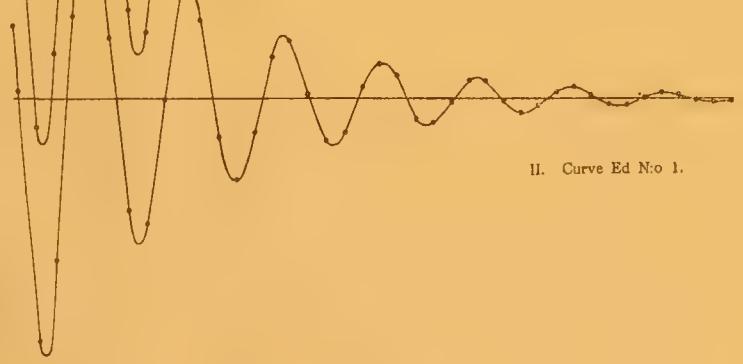
II. Curve Ea N:o 1



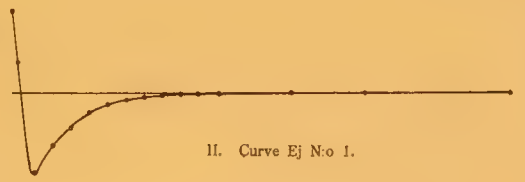
II. Curve Eb N:o 1.



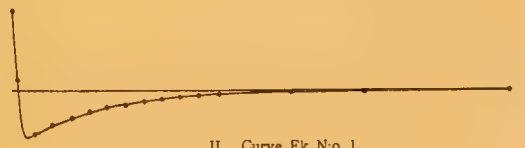
II. Curve Ec N:o 1.



II. Curve Ed N:o 1.

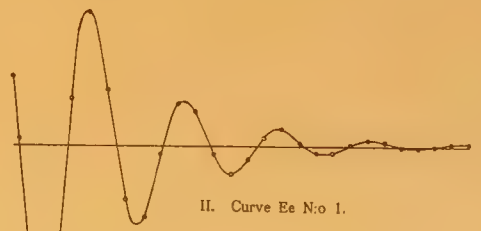


II. Curve Ej N:o 1.

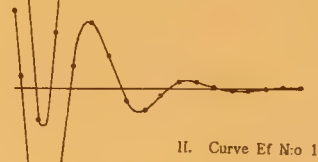


II. Curve Ek N:o 1.

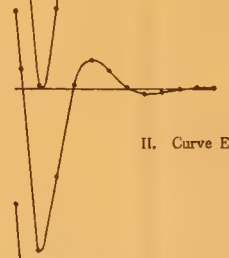
II. Curve El N:o 1.



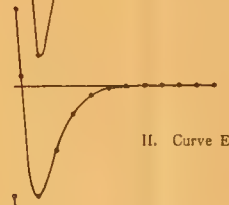
II. Curve Ee N:o 1.



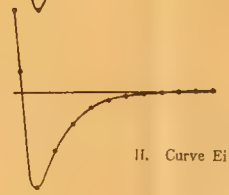
II. Curve Ef N:o 1.



II. Curve Eg N:o 1.

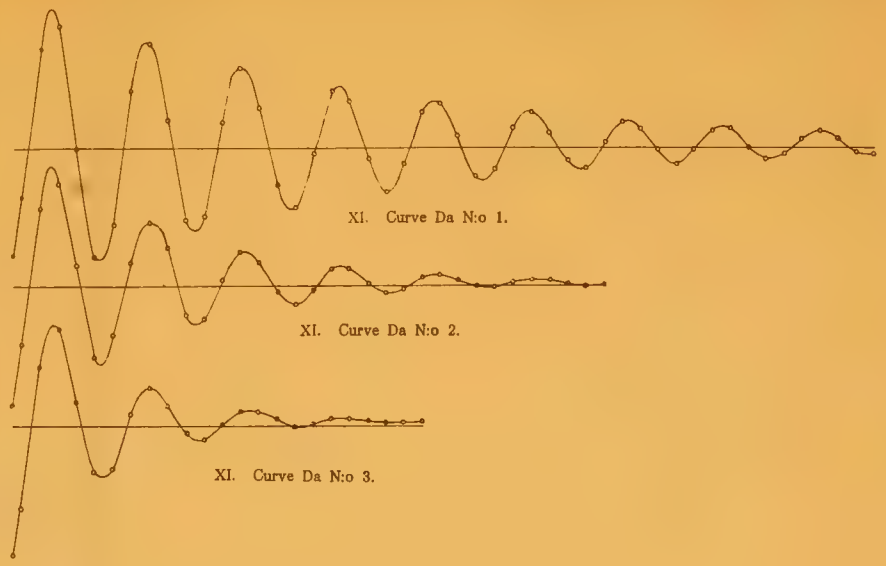


II. Curve Eh N:o 1.



II. Curve Ei N:o 1.

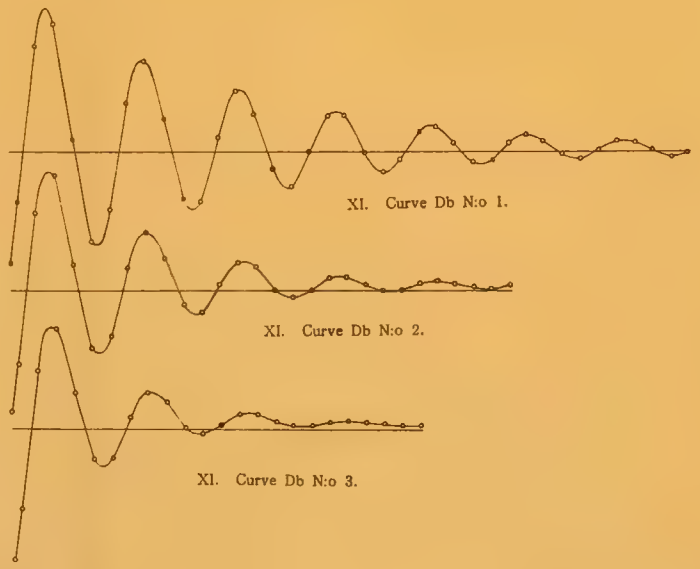
Maasstab der Absc.: 0.001 Sec = 2.5 mm Maasstab der Ord.: 1 Sc. Th. = 0.25 mm.



XI. Curve Da N:o 1.

XI. Curve Da N:o 2.

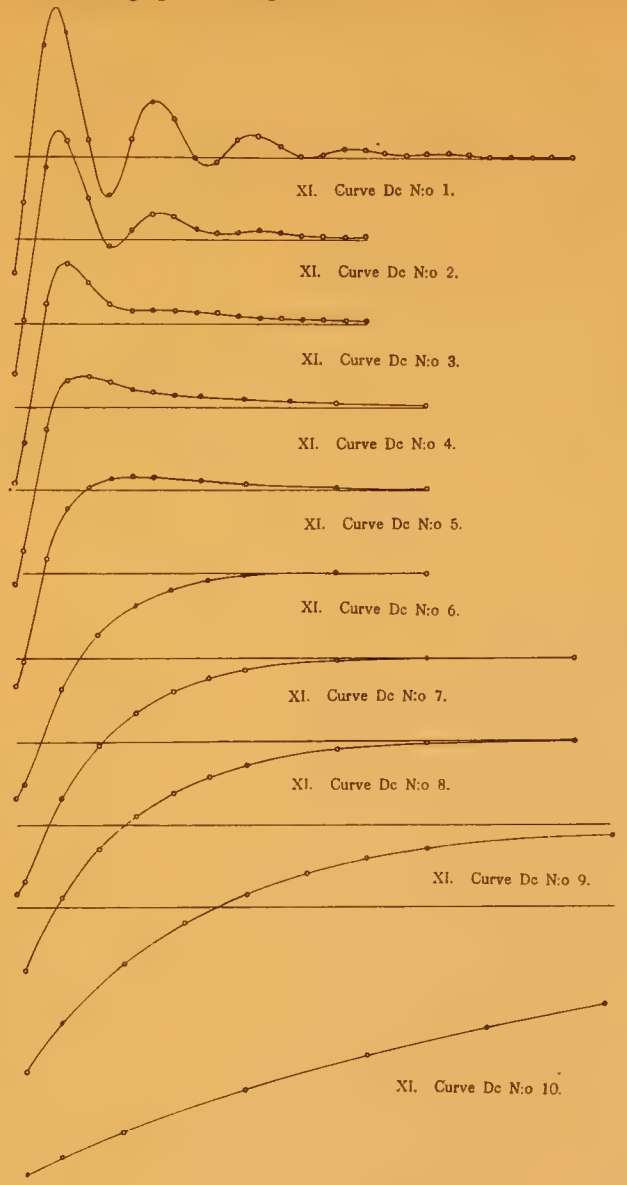
XI. Curve Da N:o 3.



XI. Curve Db N:o 1.

XI. Curve Db N:o 2.

XI. Curve Db N:o 3.



XI. Curve Dc N:o 1.

XI. Curve Dc N:o 2.

XI. Curve Dc N:o 3.

XI. Curve Dc N:o 4.

XI. Curve Dc N:o 5.

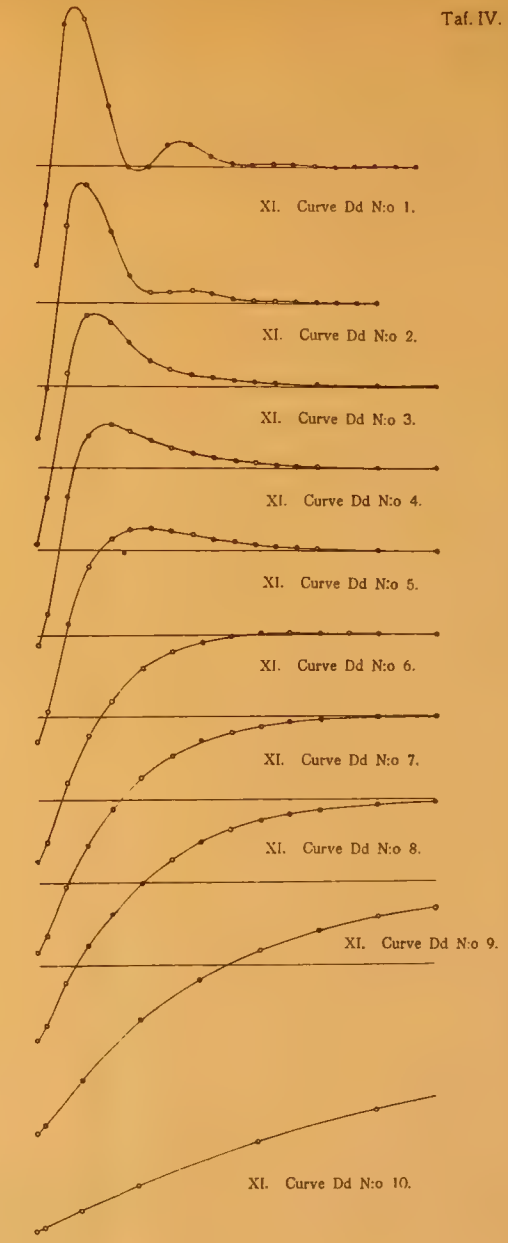
XI. Curve Dc N:o 6.

XI. Curve Dc N:o 7.

XI. Curve Dc N:o 8.

XI. Curve Dc N:o 9.

XI. Curve Dc N:o 10.



XI. Curve Dd N:o 1.

XI. Curve Dd N:o 2.

XI. Curve Dd N:o 3.

XI. Curve Dd N:o 4.

XI. Curve Dd N:o 5.

XI. Curve Dd N:o 6.

XI. Curve Dd N:o 7.

XI. Curve Dd N:o 8.

XI. Curve Dd N:o 9.

XI. Curve Dd N:o 10.

Maasstab der Absc.: 0.001 Sec. = 6 mm. Maasstab der Ord.: 1 Sc. Th. = 0.5 mm.

MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 04172